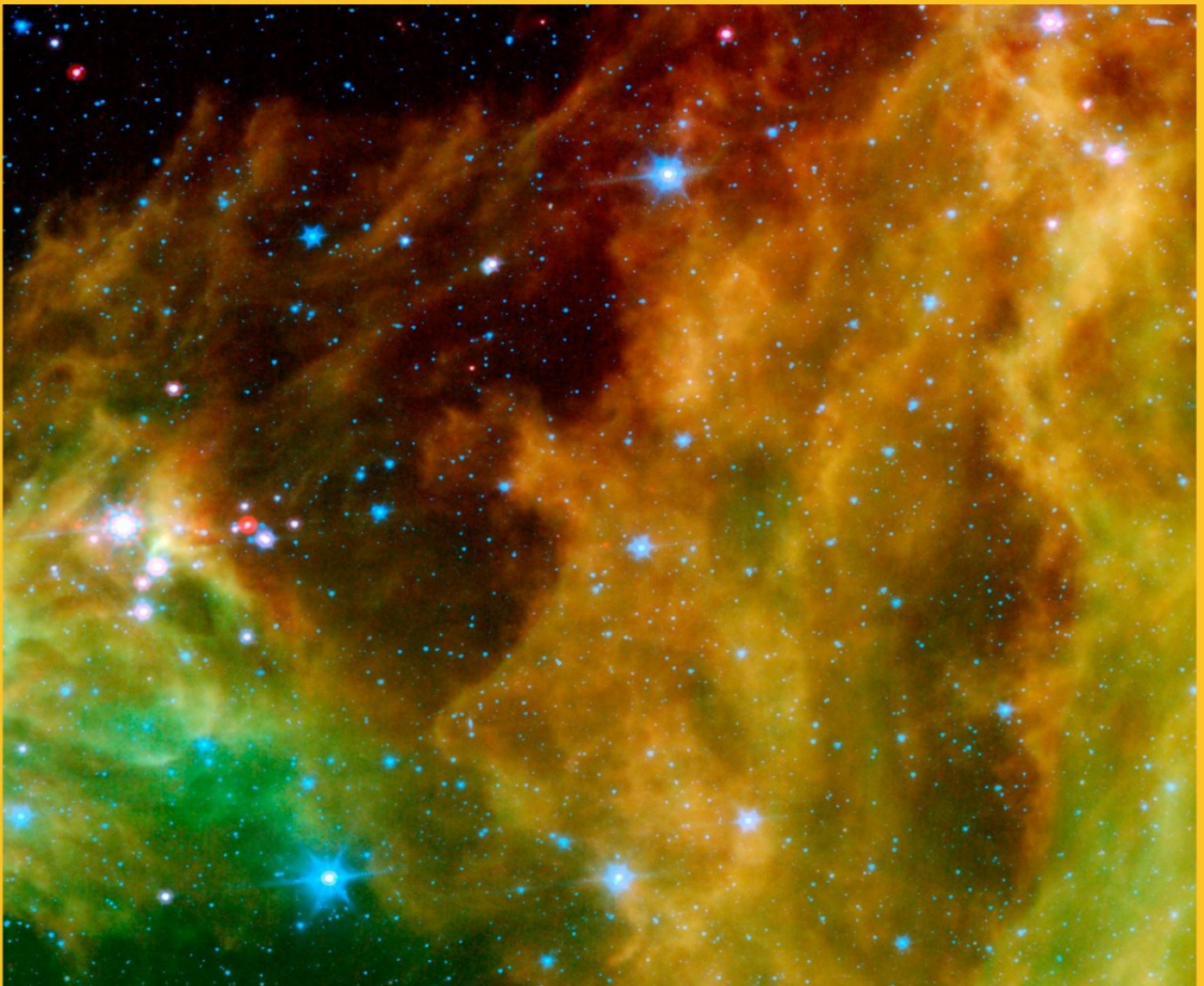


AUGUST 2026 | ISSUE #8(2)

INTERNATIONAL JOURNAL OF PROFESSIONAL SCIENCE

.....

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL



SCIPRO.RU

ISSN 2542-1085

SOCIAL SCIENCES AND HUMANITIES

UDC 001
LBC 72

International Journal Of Professional Science: international scientific journal, Nizhny Novgorod, Russia: Scientific public organization “Professional science”, №8(2) - 2026. 177 p.

ISSN 2542-1085

International journal of Professional Science is the research and practice edition which includes the scientific articles of students, graduate students, postdoctoral students, doctoral candidates, research scientists of Russia, the countries of FSU, Europe and beyond, reflecting the processes and the changes occurring in the structure of present knowledge.

It is destined for teachers, graduate students, students and people who are interested in contemporary science.

All articles included in the collection have been peer-reviewed and published in the form in which they were presented by the authors. The authors are responsible for the content of their articles.

The information about the published articles is provided into the system of the Russian science citation index – RSCI under contract № 2819-10/2015K from 14.10.2015

The electronic version is freely available on the website <http://scipro.ru/ijps.html>

UDC 001

LBC 72



Editorial team

Chief Editor – Krasnova Natalya, PhD, assistant professor of accounting and auditing the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction. (mail@nkrasnova.ru)

Zhanar Zhanpeisova — Kazakhstan, PhD

Khalmatova Barno Turdyhodzhaeva — Uzbekistan, MD, Professor, Head of the Tashkent Medical Academy

Tursunov Dilmurat Abdullazhanovich — Kyrgyzstan, PhD, Osh State University

Ekaterina Petkova, Ph.D Medical University — Plovdiv

Stoyan Papanov PhD, Department of Pharmacognosy and pharmaceutical chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University — Plovdiv

Materials printed from the originals filed with the organizing committee responsible for the accuracy of the information are the authors of articles

Editors N.A. Krasnova, 2026

Article writers, 2026

Scientific public organization
“Professional science”, 2026

Table of contents

INTRODUCTION	6
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION.....	7
Ustinova E.A. Light and aeration scenarios in interiors of pulmonology departments: architectural methods to reduce viral load and environmental support of respiratory rehabilitation	7
Ustinova E.A. Redevelopment of shopping and entertainment centers into medical and wellness clusters: synthesis of architectural typology and socio-economic transformations of the Russian market for the period up to 2040	14
Voinova D.A., Zaitsev N.S. Methods of laying water supply and sewerage networks in dense urban development and large metropolitan areas and the features of their application	20
ENGINEERING APPLICATIONS.....	38
Frolov A.I. Features of the use of mechanized monitor nozzles at explosion and fire hazardous facilities	38
GEOLOGY AND GEOPHYSICS	42
Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Garifullina I.Yu., Khrapkov P.A. Geomechanical justification of optimal stope and inter-chamber pillar dimensions for thin veins of the Dukat deposit	42
Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Garifullina I.Yu., Khrapkov P.A. Influence of tectonic stresses on pillar stability in mining of steep veins at Dukat.....	48
Starkov A.E., Talgamer B.L., Konstantinov I.A. Evaluation of the effectiveness of electronic means of initiating explosions at gold ore deposits	55
INDUSTRIAL RESEARCH AND PRODUCTION	65
Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Garifullina I.Yu., Dolbin I.D. Ensuring industrial safety during mining of highly stressed stoping blocks at the Dukat mine	65
Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Lomakina N.E., Remizov N.A. Improvement of deep-hole ore blasting technology at the Dukat mine: influence of drilling-and-blasting patterns on dilution and stope-wall stability	71
Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Semykin E.S., Remizov N.A. Optimization of parameters of the sublevel open-stoping system with ore shrinkage for thin veins of the Dukat deposit.....	77
Spetsanov N.S., Krasnova M.N. Physical model of the interaction of turning to the surface of the workpiece under conditions of high temperatures and hardness of materials	83
MEDICAL RESEARCH AND HEALTHCARE	90
Timofeeva A.Yu., Sevodin S.V. Therapeutic exercise for peptic ulcer disease	90
REVIEWS AND ANALYSIS	97
Konovalov I.M. Horizons of New Science: Synergy of Disciplines and Transformation of Research Ecosystems	97

SCIENTIFIC METHODS AND TECHNOLOGIES	103
Zaripova R.M. Formation of a qualitative LLM security risk assessment model based on experimental research	103
Yakushina Y.M. Cognitive risks of using generative artificial intelligence	108
STANDARDIZATION AND QUALITY	115
Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Elnikova E.A., Dolbin I.D. Environmental audit of mining operations at the Dukat deposit: assessment of environmental impacts and mitigation measures	115
Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Elnikova E.A., Guzenko A.D. Risk-oriented audit of the loss accounting and standardization system at a mining enterprise (case study of the Dukat mine).....	122
Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Lomakina N.E., Guzenko A.D. Differentiated standardization of ore losses and dilution by ore zones at the Dukat deposit: methodology and economic effect.....	129
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS	135
Antipov A.V., Fomin D.V. Development of an automated data collection system from online stores	135
Bozhkevich Y.V., Fomin D.V. Development of an information system for recording archival files and documents.....	145
Piskunov R.B., Fomin D.V. The task of registering and recording applications in the IT-department	154
Savelyev R.A., Fomin D.V. The task of automated accounting and key issuance	159
TRANSPORT AND MOBILITY	164
Khalikov R.M., Ivanova O.V., Latypova Z.B., Pavlov S.Y., Glazachev A.O. Recycling multi-tonnage waste from the local manufacturing for secondary use in road construction.....	164
CONCLUSION	176

INTRODUCTION

Issue 8(2) of the International Journal of Professional Science brings together scientific research and applied developments in architecture and construction, engineering, geology, industrial production, medicine, digital technologies, standardization, and transportation.

Particular attention is paid to creating a safe and functional urban environment, using lighting and ventilation solutions in healthcare facilities, adapting existing facilities to new socio-economic challenges, and installing utility networks in dense urban environments. A significant section of materials is devoted to geomechanics, mine stability, improving drilling and blasting technologies, and ensuring industrial safety in mining operations.

The issue also presents research in medical rehabilitation, the development of modern science, risk assessment, and the cognitive impact of using generative artificial intelligence. Special attention is given to the development of information systems, automated data collection and accounting, and application and digital key management. The issue concludes with a paper on the recycling of industrial waste for reuse in road construction.

With best wishes and warm regards,
Editor-in-Chief
International Journal of Professional Science
Krasnova N.A.

ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

UDC 725.51:616.24

Ustinova E.A. Light and aeration scenarios in interiors of pulmonology departments: architectural methods to reduce viral load and environmental support of respiratory rehabilitation

Световые и аэрационные сценарии в интерьерах пульмонологических отделений:
архитектурные методы снижения вирусной нагрузки и средовая поддержка
респираторной реабилитации

Ustinova Evgeniya Aleksandrovna,

student

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Architectural Institute (State Academy)", Moscow

Scientific supervisor: **Nechaev Alexander Lvovich**

Professor of the Department of "Architecture of Industrial Structures," Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Architectural Institute (State Academy),"

Устинова Евгения Александровна,
студент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский архитектурный институт (государственная академия)», Москва

Научный руководитель: Нечаев Александр Львович

Профессор кафедры «Архитектура промышленных сооружений», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский архитектурный институт (государственная академия)», Москва

Abstract. The COVID-19 pandemic exposed the inability of conventional hospital layouts to counter airborne threats. The article formulates the concept of "architectural immunology," in which space, light and aerodynamics become active tools to reduce viral load. Drawing on Russian regulations and available engineering systems, it examines displacement ventilation, cascade pressure zoning with negative gradient, circadian lighting with a daytime bactericidal component, and humidity control through solar shading and ventilation equipment. It shows how large-format glazing, visual contact with the landscape and careful selection of finishing materials accelerate rehabilitation of patients with chronic respiratory failure. Economic feasibility over a 10–15-year horizon is argued for both new construction and retrofitting.

Keywords: pulmonology hospital, viral load, architectural aerodynamics, displacement ventilation, pressure gradient, circadian lighting, biophilic design, air humidity, respiratory rehabilitation.

Аннотация. Пандемия COVID-19 выявила неспособность типовых планировок инфекционных и пульмонологических стационаров противостоять аэрогенным угрозам. В статье сформулирована концепция «архитектурной иммунологии», в которой пространство, свет и аэродинамика становятся активными инструментами подавления вирусной нагрузки. На основе российских норм и доступного инженерного оборудования рассматриваются вытесняющая вентиляция, каскадное зонирование давления с отрицательным градиентом, циркадное освещение с дневной бактерицидной компонентой, а также управление влажностью через солнцезащитные приёмы и вентиляционное оборудование. Показано, как крупноформатное остекление, визуальный контакт с ландшафтом и подбор отделочных материалов ускоряют реабилитацию больных с хронической дыхательной недостаточностью. Приводятся аргументы экономической оправданности предлагаемых решений для вновь возводимых и модернизируемых зданий на горизонте 10–15 лет.

Ключевые слова: пульмонологический стационар, вирусная нагрузка, архитектурная аэродинамика, вытесняющая вентиляция, градиент давления, циркадное освещение, биофилический дизайн, влажность воздуха, респираторная реабилитация.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Когда архитектор получает задание на проектирование пульмонологического отделения, он сталкивается с противоречием, которое не снимается типовыми нормами. С одной стороны, нужно обеспечить максимальную изоляцию пациента — источника инфекционного аэрозоля. С другой — создать среду, в которой человек с дыхательной недостаточностью сможет восстанавливаться, двигаться, получать естественный свет и визуальный контакт с природой. Типовые корпуса 1970–1980-х годов, где до сих пор размещается большинство пульмонологических отделений России, этого компромисса не дают: естественная вентиляция через форточки, люминесцентные светильники постоянного спектра и шестиместные палаты вдоль коридора работают против выздоровления [4]. Инфекционный аэрозоль накапливается, циркадные ритмы сбиваются, сенсорная депривация нарастает, а терапевтический эффект снижается. Сегодня эта проблема накладывается на рост числа больных хроническими заболеваниями лёгких, включая постковидный фиброз, и на износ материальной базы.

Цель работы — обосновать принципы «респираторной архитектуры», где движение воздуха, спектр света, уровень влажности и тактильные качества материалов целенаправленно снижают вирусную нагрузку и поддерживают естественные механизмы очищения лёгких.

1. Архитектурная иммунология — смена оптики

Классическое исследование Ульриха [5] установило, что вид зелени из окна ускоряет послеоперационное восстановление. Для пациентов с дыхательной недостаточностью не менее важны качество вдыхаемого воздуха и синхронизация освещения с циркадными ритмами [1; 6]. Проектировщик современного пульмонологического отделения решает две взаимосвязанные задачи: не допустить образования локальных зон с высокой концентрацией вирусных частиц и создать среду, способствующую отхождению мокроты и психоэмоциональной устойчивости.

2. Аэрационные сценарии

Традиционные системы с перемешиванием подают приточный воздух под потолком, равномерно распределяя загрязнители по объёму. При кашле аэрозоль поднимается

вверх и турбулентными потоками разносится к соседним койкам [7, 8]. Для респираторных инфекций такой режим наименее благоприятен.

Альтернатива — вытесняющая вентиляция. Воздух со скоростью 0,2–0,3 м/с поступает из напольных диффузоров у изголовья, нагревается от тела и вертикально поднимается, увлекая частицы аэрозоля в вытяжные кластеры под потолком. Горизонтальный перенос инфекции между пациентами практически исключается [7]. При строительстве или реконструкции воздуховоды рационально размещать в межпотолочном пространстве нижележащего этажа с выводом стояков через отверстия в перекрытии и установкой диффузоров в толще чистого пола палаты. Такой подход требует достаточного запаса высоты нижнего уровня — это необходимо закладывать в архитектурный проект на ранних стадиях.

2.1. Каскадное зонирование давления

Для предотвращения распространения инфекции палата должна находиться под отрицательным давлением относительно коридора (–5...–2 Па). Воздух из чистой зоны коридора поступает в палату через переточные решётки и дверные проёмы, а удаляется вытяжной вентиляцией с обязательной фильтрацией, не возвращаясь в общие помещения. Шлюз при входе играет роль буфера с промежуточным разрежением (–2...0 Па); коридор поддерживается нейтральным или слабо положительным (0...+2 Па); лестнично-лифтовой узел — выраженное разрежение (–5 Па). Такую иерархию выстраивают отдельными контурами притока и вытяжки с автоматическими клапанами и датчиками дифференциального давления. В операционных и реанимациях для пациентов с ослабленным иммунитетом применяют обратный сценарий — избыточное давление в чистой зоне [9]. Аналогичные решения с отрицательным давлением применены в инфекционных изоляторах New York-Presbyterian Hospital, Toronto General Hospital и временных госпиталей Уханя. В России они реализованы в боксах НМИЦ ССХ им. Бакулева и при модернизации Боткинской больницы, где аэродинамическое зонирование позволило снизить частоту внутрибольничных пневмоний на 15–20% [4].

2.2. Влажностный режим как фактор выздоровления

Слизистая дыхательных путей нормально функционирует при относительной влажности 40–60% — этот диапазон закреплён СанПиН 2.1.3.2630-10. При более сухом воздухе мокрота густеет, реснитчатый эпителий работает хуже, возрастает риск инфекций. Избыточная влажность (свыше 65%) способствует размножению плесени и удлиняет жизнь аэрозольных капель. Основную работу по поддержанию оптимальной влажности берут на себя системы приточно-вытяжной вентиляции с секциями увлажнения и осушения, поэтому уже на стадии архитектурного проекта необходимо резервировать достаточные площади венткамер и высоту межпотолочного

пространства для размещения этого оборудования. Архитектор дополнительно усиливает эффективность систем через предотвращение перегрева помещений от прямого солнца, который быстро снижает относительную влажность. Для этого применяются smart-стекло с электрохромным затемнением либо наружные ламели и козырьки, не перекрывающие вид на окружающий ландшафт.

Если влажность определяет качество вдыхаемого воздуха, то свет регулирует суточные ритмы дыхания — и потому требует не менее тщательной архитектурной проработки.

3. Световые сценарии

Спектр и динамика освещения влияют на гормональный фон и бронхиальную проходимость. В палатах закладываются три режима: утро — тёплый свет (2700 К), день — холодный (5000 К), ночь — приглушённый янтарный (менее 2200 К), не подавляющий выработку мелатонина [2, 5]. Бактерицидная функция вынесена в отдельный контур: светодиоды 405 нм, инактивирующие патогены согласно Maclean et al. [7], включаются днём и вечером; ночью их заменяют закрытые УФ-рециркуляторы (254 нм), безопасные для людей.

Естественный свет в диапазоне 480–500 нм стимулирует меланопсиновые рецепторы, синхронизируя бронхиальную проходимость: пик днём, спад ночью. Для пациентов с одышкой это означает меньше ночных приступов и эффективный дренаж мокроты в светлое время. Крупные окна с низким подоконником или «французские» витражи ориентируются на озеленённые дворы; smart-стекло и горизонтальные козырьки предотвращают перегрев, не загораживая панораму. Рядом с палатным блоком размещается атриум с фитонцидными растениями — он работает как ингаляторий и замещает внешний ландшафт для палат, выходящих во внутренний двор [3, 5].

3.1. Инсоляция при блочной планировке

Кластерная модель (блок из двух–четырёх палат с общим шлюзом и санузелом) требует, чтобы каждая палата имела собственное окно по наружной стене здания — только так выполняются нормативы по инсоляции (не менее 2,5 ч в день для средней полосы России). Шлюз и санузел размещаются со стороны коридора и естественного света не требуют. При такой конфигурации коридор освещается через остеклённые двери шлюзов и зенитные фонари в рекреациях; глубинные блоки обслуживаются внутренними дворами-атриумами.

3.2. Визуальная и акустическая поддержка среды

СанПиН 2.1.3.2630-10 требует гладких, моющихся, стойких к дезинфекции поверхностей в палатах. Однако визуальная монотонность, усугубляющая тревожность

у больных с хронической одышкой, может быть смягчена без нарушения нормативов. Огнестойкие HPL-панели (класс горючести Г1) с декором под древесные текстуры на участках стен разбавляют стерильный фон и создают визуальные ассоциации с природными материалами, не снижая гигиенических качеств отделки. Дополнительным приёмом служит колористическое зонирование: крупные плоскости стен решаются в спокойных холодных тонах (голубовато-серый, зеленовато-бежевый), а поручни, наличники и прикроватные панели — в тёплых акцентных оттенках. Серьёзным раздражителем в пульмонологическом отделении выступает шум: кашель, работа кислородных концентраторов и вентиляции создают постоянный фон выше 55 дБ. Звукопоглощающие потолки из минерального волокна в защитном плёночном покрытии, допущенном для медицинских учреждений, способны снизить этот уровень на 6–8 дБ, что улучшает качество сна и уменьшает стрессовую нагрузку.

4. Пространство, которое побуждает дышать

Палаты на 6–8 коек с рядами вдоль стен уходят в прошлое. При строительстве и реконструкции пульмонологических отделений рациональна блочная структура: 2–4 одно-двухместные палаты объединяются вокруг общего шлюза, где сосредоточены умывальник для персонала, небольшой гардероб для смены халатов, контейнеры для СИЗ и общий санузел. Раздвижные электрохромные перегородки между смежными палатами позволяют медсестре мгновенно изолировать больного или объединить помещения для групповой дыхательной гимнастики [8]. Пост медсестры располагается напротив входа в шлюз, обеспечивая визуальный контроль всего блока.

Для пациентов с ХОБЛ и муковисцидозом движение — часть терапии. Поручни, ведущие к панорамной лоджии, решаются как арт-объекты; стены с разной фактурой (гладкий окрашенный бетон, моющиеся панели с текстурой) провоцируют тактильный контакт, снижают сенсорную депривацию и через мелкую моторику улучшают нейрореспираторную связь [3].

5. Экономическая эффективность предлагаемых решений

Сравнение с типовым пульмонологическим отделением старой постройки (коридорная планировка, шестиместные палаты, один санитарный узел на этаж, смешивающая вентиляция, люминесцентное освещение) показывает, что блочная структура с общим шлюзом и санузлом на 2–4 палаты увеличивает общую площадь отделения ориентировочно на 8–12% за счёт дополнительных помещений. Эти затраты компенсируются прямым медицинским эффектом: по опыту модернизации Боткинской больницы, аэродинамическое зонирование и кластерная планировка снижают частоту внутрибольничных инфекций дыхательных путей на 15–20%, что сокращает среднюю продолжительность госпитализации на 10–15% [4].

Дополнительный ресурс дают инженерные решения. Вытесняющая вентиляция с рекуперацией тепла уменьшает расход энергии на нагрев приточного воздуха на 35–40% относительно традиционных смешивающих систем. Циркадное светодиодное освещение с адаптивной яркостью и спектральным программированием потребляет до 30% меньше электроэнергии, чем люминесцентные светильники постоянного режима. В итоге эксплуатационная экономия позволяет окупить дополнительные капитальные вложения в течение 6–9 лет, после чего генерируется чистый экономический эффект на всём жизненном цикле здания (не менее 75 лет).

Заключение

В «респираторной архитектуре» воздух, свет и влажность перестают быть просто инженерными параметрами — они становятся материалом исцеляющей среды. Вытесняющая вентиляция и отрицательный градиент давления создают невидимые барьеры на пути инфекции. Циркадное освещение с дневной бактерицидной компонентой и ночным янтарным покоем действует как нематериальное лекарство. Крупноформатное остекление с солнцезащитой, визуальной связью с ландшафтом и сомасштабной человеку отделкой ускоряет психоэмоциональное восстановление. Блочная планировка с тактильно насыщенным интерьером и контролируемой влажностью создаёт среду, где геометрия палаты диктуется траекторией выдоха, а окно становится дозатором дневного света и живого ландшафта.

References

1. Гельфонд А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий. — М.: Издательство МАРХИ, 2023. — 368 с.
2. Щепетков Н. И. Световой дизайн города. — М.: Архитектура-С, 2020. — 288 с.
3. Сапрыкина Н. А. Биофилическая архитектура как стратегия создания экологически устойчивой пространственной среды обитания // *Architecture and Modern Information Technologies*. — 2022. — № 3 (60). — С. 76–91.
4. Брико Н. И., Ковалишена В. В. Эпидемиологическая безопасность медицинских организаций: современные вызовы и архитектурно-планировочные решения // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. — 2023. — Т. 22, № 1. — С. 12–20.
5. Ulrich R. S. View through a window may influence recovery from surgery // *Science*. — 1984. — Vol. 224, № 4647. — P. 420–421.
6. Чучалин А. Г. (ред.) Пульмонология: национальное руководство. — 2-е изд. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. — 928 с.

7. Maclean M., Anderson J. G., MacGregor S. J. Inactivation of bacterial pathogens following exposure to light from a 405-nanometer light-emitting diode array // Applied and Environmental Microbiology. — 2009. — Vol. 75, № 7. — P. 1932–1937.

8. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. — Atlanta, 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/> (дата обращения: 04.08.2026).

9. Всемирная организация здравоохранения. Естественная вентиляция для инфекционного контроля в медицинских учреждениях. — Женева: ВОЗ, 2009. — 132 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547857> (дата обращения: 04.08.2026)

UDC 711.4:725

Ustinova E.A. Redevelopment of shopping and entertainment centers into medical and wellness clusters: synthesis of architectural typology and socio-economic transformations of the Russian market for the period up to 2040

Ревитализация торгово-развлекательных центров в медицинско-оздоровительные кластеры: синтез архитектурной типологии и социоэкономических трансформаций российского рынка на период до 2040 года

Ustinova Evgeniya Aleksandrovna,

student

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education. Moscow
Architectural Institute (State Academy), Moscow

Scientific supervisor: **Nechaev Alexander Lvovich**

Professor of the Department of "Architecture of Industrial Structures," Federal
State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow
Architectural Institute (State Academy)," Moscow

Устинова Евгения Александровна,

студент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский архитектурный институт
(государственная академия)», Москва

Научный руководитель: Нечаев Александр Львович

Профессор кафедры «Архитектура промышленных сооружений»,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский архитектурный институт
(государственная академия)», Москва

Abstract. The rapid contraction of classical retail under the pressure of online marketplaces creates extensive zones of inefficient land use in Russian cities – obsolete shopping and entertainment centers (SECs). The article examines the architectural planning paradigm of converting these facilities into multidisciplinary medical clusters. Based on an analysis of deficiencies in existing medical infrastructure, the author substantiates the compatibility of the two functions and the high profitability of hybrid Wellness Hubs over a 10–15-year horizon. Particular attention is paid to methods of providing natural lighting, utilizing large-span structures, engineering strategies for accommodating heavy diagnostic equipment, and transforming parking areas into therapeutic and recreational spaces.

Keywords: redevelopment, shopping and entertainment center, medical cluster, architectural typology, atrium, large-span structures, barrier-free environment, park area.

Аннотация. Стремительное сжатие классического ритейла под воздействием маркетплейсов формирует в городах России обширные зоны неэффективного использования – морально устаревшие торгово-развлекательные центры (ТРЦ). В статье рассмотрена архитектурно-планировочная парадигма конверсии этих объектов в многопрофильные медицинские кластеры. Отталкиваясь от дефектов существующей медицинской инфраструктуры, автор обосновывает компланарность торговой и медицинской функций и высокую рентабельность гибридных «Wellness Hubs» в горизонте 10–15 лет. Особое внимание уделено приёмам обеспечения естественного освещения, использованию большепролётных конструкций, инженерным стратегиям размещения тяжёлого диагностического оборудования и трансформации парковочных пространств в лечебно-рекреационные зоны.

Ключевые слова: редевелопмент, торгово-развлекательный центр, медицинский кластер, архитектурная типология, атриум, большепролётные конструкции, безбарьерная среда, парковая зона.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский
проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Российская урбанистическая действительность 2024–2026 гг. характеризуется тектоническим сдвигом: если прежде гипермаркет гарантировал стабильный трафик, то доминирование e-commerce превращает ТРЦ площадью 50–150 тыс. м² в объекты с неопределённым будущим. Одновременно фиксируется кризис амбулаторно-поликлинической сети, представленной преимущественно зданиями 1970–1980-х гг. с коридорно-кабинетной системой и низкой энергоэффективностью [1]. Возникает предпосылка для редевелопмента: ТРЦ обладают избыточными объёмами, значительными парковочными мощностями и, как правило, расположены в узлах транспортной доступности.

Цель работы — показать, что конвертация ТРЦ в медицинские кластеры представляет собой не паллиатив, а устойчивую архитектурно-экономическую модель, в которой геометрия молла выступает преимуществом для создания мультисенсорной реабилитационной среды.

1. Архитектурно-планировочная адаптация ТРЦ

1.1. Решение проблемы дефицита естественного света

Основная критика в адрес ТРЦ связана с «слепотой» торговых пространств, лишённых окон. Однако здание обладает скрытыми резервами: плоская кровля, атриум, возможность вскрытия фасадов.

Во-первых, центральный атриум, изначально служащий источником верхнего света, усиливается заменой тонированного остекления на прозрачное и удалением рекламных конструкций. Вокруг атриума организуются двухсветные палаты и зоны ожидания, получающие «второй свет» через остеклённые перегородки; таким образом внутренние коридоры освещаются отражённым потоком без устройства наружных окон.

Во-вторых, плоская кровля позволяет прорезать зенитные фонари практически в любом месте. Эффективны линейные световые полосы над коридорами, точечные фонари над палатами (с жалюзи или смарт-стеклом) и пилообразные фонари, одновременно решающие задачи вентиляции.

В-третьих, несущие стеновые ограждения демонтируются и заменяются витражами: в местах бывших торговых галерей устраиваются «световые карманы»; возможно ленточное остекление с солнцезащитными ламелями.

Там, где прорезать кровлю невозможно, применяются полые зеркальные

световоды, передающие солнечный свет на несколько этажей вниз, а в ночное время работающие как искусственные светильники.

Помещения, для которых естественный свет не требуется (операционные, кабинеты МРТ и КТ, лаборатории, склады), размещаются в глубине здания, что позволяет сконцентрировать ресурс инсоляции на палатах и общественных зонах. При недостатке света предусматривается биодинамическое искусственное освещение со сменой цветовой температуры в течение суток (2700–6500 К) и высоким индексом цветопередачи ($R_a > 95$).

1.2. Функциональное зонирование и роль атриума

Центральный атриум трансформируется в многофункциональное реабилитационное ядро. Эскалаторные группы демонтируются, заменяясь пандусными маршрутами с фитнес-треками и зимними садами под световыми фонарями [2]. Вертикальные коммуникации молла естественно разделяют потоки: «грязный» поток (вход, гардероб, регистратура) — уровни 1–2; «чистая» зона (дневные стационары, лаборатории) — уровни 3–4; административный блок и телемедицина — верхние этажи.

1.3. Использование большепролётных конструкций

Шаг колонн 8–12 м, характерный для каркаса ТРЦ, открывает возможности, недоступные в типовых медицинских зданиях.

- Лучевая диагностика и ядерная медицина: линейные ускорители требуют помещений 8×10 м с массивной защитой; большой шаг колонн позволяет вписать такие блоки без демонтажа несущих конструкций. Для ПЭТ/КТ и МРТ создаются открытые залы на несколько установок с легкими перегородками.

- Хирургический кластер: гибридные операционные площадью 70–80 м² свободного пространства формируют модульное «чистое ядро», не связанное с сеткой колонн, с периферийными шлюзами и стерилизационными.

- Реанимационные отделения (ОРИТ): открытая планировка (open-bay ICU) обеспечивает прямой визуальный контроль за пациентами. Оптимальной признана гибридная модель: центральный пост медсестры с круговым обзором и прозрачные перегородки с электрохромным стеклом, обеспечивающие трансформацию «день – открытый зал, ночь – изолированные капсулы». Санитарно-гигиенические требования к таким помещениям регламентируются действующими нормативными документами [4].

- Реабилитационные залы ЛФК: высота этажа 5–6 м позволяет разместить скалодромы, подвесные системы, несколько бассейнов для гидрокинезиотерапии в одном объёме.

- Геронтопсихиатрические отделения: большепролётный этаж трансформируется в крытый «блуждающий сад» с замкнутыми прогулочными маршрутами, что исключает

необходимость выхода на улицу в холодный период.

- Центральные стерилизационные и аптечные склады: открытые залы без перегородок вмещают вертикальные карусельные хранилища, конвейерные линии и пневмопочту, связывающую все отделения.

1.4. Инженерные стратегии для тяжёлого диагностического оборудования

Оборудование лучевой диагностики создаёт значительные сосредоточенные нагрузки (МРТ 3 Тл — до 10 т, линейный ускоритель с защитой — до 25 т), на порядок превышающие несущую способность типового перекрытия ТРЦ (400–500 кг/м²). Кроме того, необходима виброизоляция от каркаса здания.

Наиболее надёжным решением является устройство независимого фундамента: в перекрытии демонтируется участок 6×8 м, с поверхности грунта выполняются буронабивные сваи глубиной 8–15 м или монолитная плита толщиной 800–1200 мм. Постамент отделяется от краёв проёма виброизолирующим материалом и деформационным швом. Стены радиационной защиты (баритобетон, свинцовые блоки) опираются непосредственно на этот фундамент.

В случаях, когда демонтаж перекрытия невозможен, применяется конструкция «комната в комнате»: вокруг будущего кабинета возводится стальной каркас на пружинных виброизоляторах, на который навешиваются защитные панели и подвешивается платформа пола. Оба варианта обеспечивают полную виброразвязку и позволяют разместить оборудование в любой точке здания.

2. Трансформация парковочного пространства и ландшафтная организация

2.1. Реорганизация парковок по группам пользователей

Наземная открытая стоянка перед главным входом перепрофилируется в drop-off зону с навесом, тактильной плиткой и расширенными машиноместами для маломобильных групп населения (МГН) согласно СП 59.13330.2020 [5]. Крытый паркинг первого уровня отводится под гостевую долговременную стоянку, при этом места у лифтовых холлов резервируются за МГН.

Для сотрудников выделяется удалённый уровень (например, подземный этаж –2) с отдельным въездом, шлагбаумом и прямым служебным лифтом в зону персонала, исключаям пересечение с потоком посетителей.

Бывший закрытый дебаркадер трансформируется в парковку скорой помощи: он уже имеет необходимую высоту (не менее 3 м), обогрев и отдельный въезд. Погрузочные доки переоборудуются в шлюзы для приёма пациентов на каталках. Количество машиномест для санитарного транспорта определяется из расчёта 3–5 единиц дежурного резерва.

2.2. Безбарьерная среда

Паркинг является первой точкой контакта пациента со зданием, поэтому все входы из паркинга в здание выполняются в одном уровне, без порогов. Предусматриваются лифты с кабиной не менее 1,1×1,4 м, оснащённые поручнями и тактильными кнопками, а также пешеходные пандусы с уклоном до 5 %, отделённые от проезжей части защитными столбиками. Навигация дублируется контрастной разметкой и фотолюминесцентными указателями. Все требования к доступности среды закреплены в актуальном своде правил [5].

2.3. Интеграция озеленённых зон

Открытая парковка ТРЦ представляет собой значительный территориальный резерв. Частичный демонтаж асфальтового покрытия и замена его растительным грунтом позволяет создать полноценный лечебный парк без изъятия дополнительных городских земель.

- Центральный партер: на месте основного парковочного поля устраиваются прогулочные дорожки шириной не менее 1,8 м с твёрдым покрытием, места отдыха через каждые 100 м, сухой фонтан или водоём.

- Защитная полоса: по границе участка высаживаются хвойные и лиственные деревья (сосна, лиственница, рябина) и фитонцидные кустарники (можжевельник, спирея), обеспечивающие шумопылезащиту и благоприятный микроклимат для пульмонологических пациентов.

- Эксплуатируемая кровля наземного паркинга: пригодна для размещения сада, площадок ЛФК или зимнего сада под лёгким поликарбонатным покрытием. Конструкция усиливается под нагрузку 400–600 кг/м².

- Вертикальное озеленение: глухие бетонные стены пандусов и вентшахт покрываются фитостенами, улучшающими качество воздуха.

- Инженерное обеспечение: предусматриваются демонтаж асфальта и щебёночного основания (40–60 см), устройство дренажа, система капельного полива и сбора дождевой воды с кровли, а также обогрев основных пешеходных дорожек для круглогодичного использования.

Таким образом, бывшая асфальтированная стоянка превращается в общественное пространство, соответствующее принципам биофильного урбанизма [3] и повышающее терапевтический потенциал центра.

3. Экономическая модель рентабельности

Оптимальной моделью является мультиформатный центр здоровья (Health Mall), сочетающий государственные гарантии и коммерческий сервис. Федеральные клинические сети арендуют 40–50 % площадей, остальное отводится под спортивную

медицину, ортопедические салоны, геронтологические дневные центры и аптечные хабы с роботизированной выдачей.

Ставки аренды для медицинских операторов достигают 15–25 тыс. руб./м²/год против 8–12 тыс. руб./м²/год в ритейле. Инвестиции в перепрофилирование (300–700 долл./м²) амортизируются за 6–9 лет. В горизонте до 2040 г., в условиях нарастающего дефицита качественной медицинской недвижимости, капитализация подобных объектов будет стабильно расти.

Выводы

Редевелопмент ТРЦ в медицинские кластеры решает проблему «пузырей» — пустующих паркингов и зон депрессии — и одновременно восполняет лакуны амбулаторной инфраструктуры. Паркинг реконфигурируется под санитарный транспорт и drop-off, а бывшее асфальтовое поле становится лечебным парком. Архитектурный синтез потребительской среды и строгих медицинских требований порождает новую типологию общественных зданий — «ковчеги здоровья», сохраняющие несущий каркас, но полностью меняющие экономическую и социальную сущность.

References

1. Гельфонд А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий : учебник / А.Л. Гельфонд. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2023. — 368 с.
2. Шубенков М. В. Структурные закономерности архитектурного формообразования : учеб. пособие / М.В. Шубенков. — М. : Архитектура-С, 2006. — 320 с.
3. Сапрыкина Н. А. Футурологические концепции XX века как инновационный прогноз // Architecture and Modern Information Technologies. — 2015. — № 4 (33). — С. 1–16.
4. СанПиН 2.1.3.2630-10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность : санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М., 2010. (Документ утратил силу; в актуальной практике следует руководствоваться СанПиН 3.3686-21 и СП 2.1.3678-20.)
5. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001 : свод правил. — М. : Минстрой России, 2020.]

UDC 628.1/2

Voinova D.A., Zaitsev N.S. Methods of laying water supply and sewerage networks in dense urban development and large metropolitan areas and the features of their application

Способы прокладки инженерных сетей водоснабжения и водоотведения в условиях плотной городской застройки и крупных мегаполисов и их особенности

Voinova Daria Aleksandrovna

master's student, Department of Engineering Design,
Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University), Russia, Saint Petersburg

Zaitsev Nikita Sergeevich

scientific adviser, Cand. Sc. (Economics), Associate Professor,
Department of Engineering Design,

Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University), Russia, Saint Petersburg

Войнова Дарья Александровна

магистрант, кафедра инженерного проектирования,

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),

РФ, г. Санкт-Петербург

Зайцев Никита Сергеевич

научный руководитель, к.э.н., доцент кафедры инженерного проектирования,

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),

РФ, г. Санкт-Петербург

Аннотация. Износ сетей водоснабжения в России достигает 75 %, а подземное пространство центральных районов перенасыщено коммуникациями, вследствие чего открытая прокладка порождает косвенные потери, сопоставимые с прямыми затратами. В работе систематизированы открытый, закрытый и коллекторный способы прокладки, а также технологии бестраншейного восстановления, определены области их применения и критерии выбора. На примере комплекса «СКА Арена» в Санкт-Петербурге выполнен модельный расчёт нагрузок и обоснован способ прокладки по участкам трассы. Показано, что определяющим критерием служат совокупные затраты за жизненный цикл с учётом косвенных издержек, а выбор технологии сводится к сегментации трассы по типам ограничений, выполняемой до разработки основных проектных решений.

Ключевые слова: бестраншейные технологии, горизонтально направленное бурение, микротоннелирование, санация трубопроводов, плотная застройка, стоимость жизненного цикла, сегментация трассы.

Abstract. Deterioration of water supply networks in Russia reaches 75 %, while the underground space of central districts is congested, so that open-cut laying generates indirect losses comparable to direct costs. The paper systematizes open, trenchless and utility-tunnel laying methods together with trenchless rehabilitation technologies, and defines their applicability and selection criteria. Using the SKA Arena complex in Saint Petersburg, a model calculation of design flows is performed and the laying method is justified for individual route segments. It is shown that the governing criterion is the life-cycle cost including indirect costs, while technology selection reduces to route segmentation by constraint type carried out before the main design decisions.

Keywords: trenchless technologies, horizontal directional drilling, microtunnelling, pipeline rehabilitation, dense urban development, life-cycle cost, route segmentation.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент. Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Сети водоснабжения и водоотведения — самая протяжённая и самая дорогая часть подземной инфраструктуры города. Только система водоотведения Санкт-Петербурга включает свыше 9,4 тыс. км канализационных сетей, около 279 км тоннельных коллекторов и более 240 канализационных насосных станций, обслуживающих более 5,3 млн жителей [3]. Значительная часть этих сетей уложена во второй половине XX века и уже выработала нормативный срок службы. Износ сетей водоснабжения по стране оценивают в 75 % [10], а нормативный темп замены — около 5 % в год — большинство городов не выдерживает.

Стоит также отметить, что за последние годы существенно изменились условия производства работ — подземное пространство центральных районов мегаполиса насыщено инженерными коммуникациями, плотность которых в отдельных сечениях достигает 10–15 сетей на один поперечный профиль улицы. Традиционный открытый способ прокладки в таких условиях сопряжён с длительным перекрытием проезжей части, риском повреждения смежных коммуникаций, осадками фундаментов прилегающих зданий и значительными косвенными потерями для городской экономики.

Тем самым проектировщик в плотной застройке лишается права на единственное типовое решение: на одной трассе ему приходится выбирать между несколькими технологиями, каждая из которых пригодна лишь на своём участке. Цель работы — систематизировать способы прокладки сетей водоснабжения и водоотведения, показать особенности их применения в стеснённых условиях и выработать систему критериев, на которую этот выбор может опереться. Задачами исследования являются классификация способов прокладки, анализ действующей нормативной и сметно-нормативной базы, а также проверка предложенных критериев на конкретном объекте плотной городской застройки.

Основная часть

Условия плотной застройки. Стеснённые условия для линейного подземного объекта складываются из трёх групп ограничений. Градостроительные ограничения связаны с дефицитом свободного подземного пространства: требуется выдерживать нормируемые расстояния по горизонтали и вертикали до существующих сетей, фундаментов зданий и сооружений, опор и зелёных насаждений [20], причём ориентировочно для водопровода и напорной канализации расстояние до фундаментов составляет 5 м, для самотечной канализации — 3 м. Охранные зоны объектов культурного наследия и метрополитена требуют согласований и, как правило, исключают открытую разработку грунта, а полное перекрытие магистральной улицы на срок свыше нескольких суток недопустимо.

Инженерно-геологические ограничения для Санкт-Петербурга определяются водонасыщенными слабыми глинистыми грунтами, ленточными глинами и суглинками текучей и текучепластичной консистенции, погребёнными торфами, намывными территориями и высоким уровнем подземных вод, нередко 0,4–1,2 м от поверхности. Пылеватые и мелкие пески при гидродинамическом давлении переходят в пывунное состояние [6]. Разработка котлованов и траншей открытым способом в таких грунтах требует шпунтового ограждения, водопонижения либо замораживания, что существенно увеличивает сметную стоимость и повышает риск дополнительных осадок сооружений окружающей застройки.

Эксплуатационные и экологические ограничения включают недопустимость длительных перерывов водоснабжения и водоотведения, нормирование шума, вибрации и пылеобразования, а также необходимость вывоза избыточного грунта. Допустимые уровни звука и вибрации на территории жилой застройки нормируются круглосуточно [12], для интервала с 23:00 до 7:00 значения жёстче — 45–60 дБ против 55–70 дБ днём. Поверх санитарного нормирования действует региональный запрет по времени суток: в Санкт-Петербурге строительные, ремонтные и погрузочно-разгрузочные работы не допускаются в будние дни с 22:00 до 8:00, в выходные и праздничные — с 22:00 до 12:00 [9]. Запрет не распространяется на ликвидацию аварий, чем и объясняется различие режимов: аварийная перекладка ведётся круглосуточно, плановая — только в разрешённые часы, что напрямую влияет на продолжительность работ. Складируют избыточный грунт на площадке негде, вывоз ведётся сразу по мере разработки, а обратная засыпка нередко выполняется привозным песком.

Классификация способов прокладки. Действующий свод правил [14] разделяет все методы на две базовые группы — открытый и закрытый способы. С точки зрения инженерной практики целесообразна более развёрнутая классификация, включающая открытый (траншейный) способ, закрытый (бестраншейный) способ прокладки новых сетей, коллекторный (тоннельный) способ и технологии бестраншейного восстановления действующих трубопроводов.

Открытый способ. Он состоит в разработке траншеи или котлована с последующей укладкой трубопровода, устройством основания и обратной засыпкой. В стеснённых условиях способ реализуется с инвентарными щитовыми креплениями при глубине до 3–5 м, со шпунтовым ограждением при высоком уровне подземных вод, с искусственным замораживанием или инъекционным закреплением грунтов, а также в виде совмещённой прокладки нескольких сетей в общей траншее, сокращающей площадь вскрытия. При глубине до 3–4 м и отсутствии помех открытый способ дешевле остальных по прямым затратам, а укладка и основание контролируются визуально на

всём протяжении. В плотной застройке соотношение меняется: доля затрат на восстановление благоустройства и дорожных покрытий достигает 30–50 % стоимости объекта, при этом косвенные потери сопоставимы по величине с прямыми затратами и в сметной документации не учитываются.

Закрытые способы прокладки новых сетей. При проколе и вибропроколе труба или рабочий орган вдавливаются в грунт и уплотняют его вокруг себя, грунт не выбирается; диаметры до 400–500 мм, длина до 40–60 м. Метод применяется для футляров под дорогами и вводов в здания, требует связных грунтов средней плотности и неприменим в сильно обводнённых грунтах. Продавливание отличается тем, что трубу задавливают с разработкой и удалением грунта из её полости при диаметрах 500–1720 мм и длине захватки 40–100 м; требуются рабочий и приёмный котлованы с упорной стенкой. Шнековое бурение ведётся буровой головкой с удалением грунта шнеком внутри задавливаемой обсадной трубы при диаметрах 300–1400 мм и длине до 80–100 м, однако уклон выдерживается неточно, поэтому для самотечных коллекторов метод малоприменим [2].

Горизонтально направленное бурение выполняется в три стадии: бурение пилотной скважины по проектной криволинейной траектории с непрерывным определением положения буровой головки, последовательное расширение скважины и протягивание плети трубопровода. Метод регламентируется сводом правил [18], допустимы диаметры до 1200–1400 мм при длине переходов от нескольких десятков метров до 1,5–2 км. Основная область применения — напорные трубопроводы, футляры, переходы под реками, каналами, магистралями и историческими объектами. Главное преимущество состоит в том, что поверхность почти не нарушается: требуются только две небольшие площадки в начале и конце перехода. Ограничениями служат неприменимость для самотечных сетей с жёстким уклоном и риск выхода бурового раствора на поверхность при малой глубине заложения [1].

Микротоннелирование — механизированная проходка микрощитовым комплексом с дистанционным управлением, активным пригрузом забоя, удалением породы гидро- или шнековым транспортом и одновременным домкратным задавливанием железобетонных, стеклопластиковых или полимербетонных труб диаметрами 250–3000 мм при длине захватки 100–500 м. Ось выдерживается с точностью до нескольких сантиметров, поэтому метод основной для самотечных канализационных коллекторов в мегаполисах; порядок работ и требования к результатам установлены стандартом организации [23]. Ограничениями выступают высокая стоимость мобилизации комплекса и потребность в рабочих шахтах диаметром 5–10 м. Щитовая проходка тоннелепроходческим механизированным комплексом с

обделкой из железобетонных блоков или чугунных тубингов применяется при диаметрах от 2 до 6 м и больше; этим способом сооружаются магистральные канализационные тоннельные коллекторы глубокого заложения.

Коллекторный способ. Он предполагает размещение нескольких инженерных сетей в общем проходном или полупроходном коллекторе. Проходные коллекторы высотой не менее 1,8 м допускают постоянный доступ персонала, обслуживание и замену сетей без вскрытия поверхности; полупроходные высотой 1,2–1,6 м дают ограниченный доступ; непроходные каналы и сборные блоки фактически представляют собой защитные футляры. Коллекторный способ характеризуется наибольшими капитальными затратами, превышающими затраты на отдельную прокладку в 3–8 раз, при минимальных эксплуатационных издержках, исключает повторные вскрытия дорожного полотна, повышает надёжность и упрощает диагностику. Экономически он оправдан при строительстве новых районов комплексной застройки, деловых центров и территорий с высокой плотностью коммуникаций.

Бестраншейное восстановление действующих сетей. Отдельную группу образуют технологии, применяемые при реконструкции. Согласно своду правил [19], при реконструкции сетей предпочтение следует отдавать бестраншейным методам.*

При технологии CIPP в существующий трубопровод протягивается или выворачивается рукав из синтетического волокна, пропитанный полимерным связующим, с последующим отверждением горячей водой, паром или ультрафиолетовым излучением. Внутренний диаметр уменьшается на 3–10 %, но шероховатость падает, и пропускная способность не снижается, а чаще возрастает; восстанавливаются участки длиной до 150–300 м без вскрытия поверхности [27]. Метод «труба в трубе» состоит в протягивании в старый трубопровод новой полиэтиленовой трубы меньшего диаметра с тампонирующим межтрубным пространством: он наименее трудоёмок, однако сопровождается сокращением живого сечения. При технологиях U-liner и Swagelining полиэтиленовая труба, предварительно сложенная в U- или C-образный профиль либо редуцированная по диаметру, протягивается в старый трубопровод и восстанавливает круглую форму под действием давления и температуры, поэтому потери сечения минимальны. Спиральная навивка профиля НПВХ формирует новую трубу непосредственно внутри старого коллектора из непрерывной профилированной ленты и применяется для самотечных коллекторов большого диаметра и некруглого сечения, в том числе без прекращения

¹В отраслевой литературе часто повторяется утверждение, что «в развитых странах до 95 % работ на подземных коммуникациях выполняется бестраншейными методами». Возвести этот показатель к первичному источнику не удастся: публикациями ISTT и NASTT он не подтверждается и, по-видимому, распространился путём вторичного цитирования. В настоящей работе он не используется.

транспортирования стоков. Разрушение старого трубопровода расширителем с одновременным затягиванием новой полиэтиленовой трубы — единственный из рассмотренных методов, позволяющий увеличить диаметр, как правило, на 1–2 типоразмера [24].

Разграничение терминов [1] состоит в следующем: санация — бестраншейный ремонт с сохранением либо заужением исходного диаметра; реновация — условно-бестраншейная полная замена участка трубопровода.

Сравнение способов. Технологические характеристики рассмотренных способов сведены в таблицу 1; приведённый в ней показатель относительной стоимости К требует оговорки, которая дана ниже.

Таблица 1

Сравнительная характеристика способов прокладки сетей водоснабжения и водоотведения

Способ	Диаметр, мм	Длина захватки	Точность оси	Область применения	Ориентир К, о. е.
Открытая траншея	без ограничений	без ограничений	высокая	глубина до 3–5 м, свободные территории, новая застройка	1,0
Прокол / вибропрокол	до 400–500	до 40–60 м	низкая	футляры, вводы, переходы под второстепенными проездами	1,2–1,8
Продавливание	500–1720	40–100 м	средняя	футляры под дорогами и ж/д, короткие переходы	1,5–2,5
Шнековое бурение	300–1400	до 80–100 м	средняя	напорные сети, футляры	1,5–2,5
ГНБ	до 1200–1400	до 1500–2000 м	средняя (криволинейная трасса)	напорные водоводы, переходы под реками, магистралями, охранными зонами	2,0–4,0
Микротоннелирование	250–3000	100–500 м и более	очень высокая ($\pm 2-5$ см)	самотечные коллекторы, глубокое заложение, слабые и обводнённые грунты	4,0–8,0

Способ	Диаметр, мм	Длина захватки	Точность оси	Область применения	Ориентир К, о. е.
Щитовая проходка	2000–6000+	километры	очень высокая	магистральные тоннельные коллекторы глубокого заложения	6,0–12,0
Коллекторный способ	сечение тоннеля	километры	высокая	районы комплексной застройки, деловые центры	5,0–10,0
CIPP	100–2500	150–300 м	по существующей трассе	реконструкция самотечных и напорных сетей	0,4–0,7
Pipe bursting	100–600	до 150–200 м	по существующей трассе	замена с увеличением диаметра	0,6–1,0

Статус стоимостных показателей. Коэффициенты К в таблице 1 представляют собой экспертную оценку, обобщение диапазонов из отраслевых публикаций [2; 24] и коммерческих предложений подрядных организаций. Статусом сметных нормативов они не обладают, для определения сметной стоимости не применяются и показывают только порядок величин. Разброс фактических значений в пределах одного способа превышает различия между способами: стоимость метра проходки при микротоннелировании изменяется в разы в зависимости от диаметра, длины захватки, числа шахтных стволов и категории грунта. Поэтому количественные утверждения о сравнительной экономичности технологий должны основываться на расчёте применительно к конкретному объекту.

Порядок расчёта таких коэффициентов следующий: для участка-аналога с фиксированными параметрами — диаметр D, длина L, глубина заложения Н, категория грунта, уровень подземных вод — по каждому сравниваемому способу составляется локальный сметный расчёт, а коэффициент определяется как отношение полных сметных стоимостей, приведённых к погонному метру (1):

$$K_i = \frac{C_i}{C_{откр}} \quad (1)$$

где С — полная сметная стоимость варианта, приведённая к погонному метру (2):

$$C = \frac{(C_{СМР} + C_{благ} + C_{врем} + C_{непредв})}{L} \quad (2)$$

$C_{СМР}$ — стоимость строительно-монтажных работ; $C_{благ}$ — восстановление благоустройства и дорожных покрытий; $C_{врем}$ — временные здания и сооружения, включая мобилизацию комплекса и устройство рабочих и приёмных шахт; $C_{непредв}$ —

резерв на непредвиденные работы и затраты. Сметные расчёты составляются в соответствии с Методикой [11] с применением сборников федеральной сметно-нормативной базы ФСНБ-2022 [26]: земляные работы, водопонижение и шпунтовое ограждение — по сборнику 1, наружные сети водоснабжения и водоотведения — по сборникам 22 [4] и 23, горизонтально направленное бурение — по сборнику 4 «Скважины» и элементным нормам [28], микротоннелирование и щитовая проходка — по сборнику 29 [5], восстановление дорожных покрытий — по сборнику 27. Редакцию базы следует указывать на дату составления расчёта: на 17.08.2026 действует редакция с ДИЗ № 18, с 25.08.2026 вводится ДИЗ № 19.

Систематизированных расценок на бестраншейное восстановление в федеральной сметно-нормативной базе нет, и возникает несоответствие: свод правил требует отдавать этим технологиям предпочтение при реконструкции, а сметных норм на них не существует. Стоимость приходится обосновывать конъюнктурным анализом в порядке, установленном Методикой [11; 25], что усложняет прохождение экспертизы и подталкивает к перекладке открытым способом, для которой расценки имеются.

Учёт косвенных издержек. Сравнение только по сметной стоимости строительно-монтажных работ систематически занижает бестраншейные технологии: издержки за пределами площадки в смету не попадают. В зарубежной практике их учитывают по концепции социальных издержек, формализованной, в частности, в работах М. Наджафи [29]. Полная стоимость варианта определяется по формуле (3):

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{прям}} + C_{\text{косв}} + C_{\text{экспл}} \cdot K_{\text{пр}} \quad (3)$$

где $C_{\text{прям}}$ — прямые сметные затраты; $C_{\text{косв}}$ — косвенные издержки: потери времени участников движения, ущерб предприятиям торговли и сервиса в зоне работ, рост расхода топлива и выбросов при объездах, шумовое и пылевое воздействие, ущерб зелёным насаждениям, риски повреждения смежных коммуникаций и осадок застройки; $C_{\text{экспл}}$ — годовые эксплуатационные затраты; $K_{\text{пр}}$ — коэффициент приведения разновременных затрат за расчётный срок службы. Именно поэтому сравнение по прямым сметным затратам и сравнение по полной стоимости нередко дают противоположный результат.

Критерии выбора. Технологию обосновывают на стадии проектной документации многовариантным сравнением по шести группам критериев. Технические критерии — диаметр, материал, глубина заложения, требуемый уклон, протяжённость, наличие поворотов и колодцев: жёсткие требования к уклону самотечной сети исключают применение ГНБ и шнекового бурения, и предпочтение отдаётся микротоннелированию. Инженерно-геологические критерии определяют способ разработки забоя, поскольку обводнённые слабые грунты требуют пригрузки либо водопонижения и шпунта.

Градостроительные критерии — плотность существующих сетей, охранные зоны, состояние застройки и интенсивность движения — практически безальтернативно обуславливают переход к закрытым способам. Экономические критерии охватывают прямые затраты, косвенные потери города и стоимость жизненного цикла, при учёте которой коллекторный и бестраншейные способы часто оказываются выгоднее открытого. Организационно-временные критерии связаны со сроками, сезонностью и доступностью оборудования: дефицит проходческих комплексов и высокая стоимость мобилизации ограничивают применение микротоннелирования на коротких участках. Экологические и социальные критерии учитывают шум, вибрацию, пыль, объём извлекаемого грунта и вырубку зелёных насаждений, причём бестраншейные методы многократно сокращают объём земляных работ и связанных с ними транспортных выбросов.

Практический алгоритм выбора включает шесть последовательных шагов:

- определение гидравлических параметров и режима работы сети (напорная или самотечная);
- анализ инженерно-геологического разреза и уровня подземных вод по трассе;
- построение сводного плана сетей и выявление конфликтов;
- формирование конкурирующих вариантов трассы и технологии;
- технико-экономическое сравнение по критерию приведённых затрат либо стоимости жизненного цикла с учётом косвенных издержек;
- оценка рисков осадок застройки, аварийности и срыва сроков, выбор итогового варианта.

Материалы трубопроводов. Способ прокладки и материал труб выбираются совместно: закрытые технологии нагружают трубу иначе, чем траншейная укладка, — ГНБ растяжением при протягивании, микротоннелирование и продавливание продольным сжатием, обе истиранием наружной поверхности. Полиэтилен ПЭ100 и ПЭ100-RC по ГОСТ 18599-2001 служит основным материалом для ГНБ и всех методов санации благодаря гибкости, сварным стыкам и стойкости к коррозии и подвижкам грунта [19]. Стеклопластик предпочтителен для микротоннелирования и продавливания при больших диаметрах и в агрессивных грунтах, поскольку воспринимает высокие продольные усилия задавливания. Полимербетонные и железобетонные трубы с внутренней полимерной футеровкой применяются при микротоннелировании и щитовой проходке коллекторов как стойкие к сероводородной коррозии. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом используется для напорных водоводов открытой прокладки, сталь — преимущественно для футляров, дюкеров и переходов, требующих высокой несущей способности.

Нормативное регулирование. Проектирование систем водоснабжения регламентируется сводом правил [16], систем водоотведения — сводом правил [17]; оба применяются в действующей редакции с изменениями. Геотехнические требования к проектированию и строительству подземных коммуникаций закрытым и открытым способами установлены сводом правил [14], прокладка методом горизонтально направленного бурения — сводом правил [18], полимерные напорные и безнапорные трубопроводы, в том числе прокладываемые бестраншейно, — сводом правил [19]. Размещение сетей в поперечном профиле улиц и нормируемые расстояния до зданий, сооружений и смежных сетей определяет свод правил [20], введённый в действие 12.07.2026 взамен редакции 2016 года. Производство земляных работ, крепление выработок и водопонижение регламентирует СП 45.13330.2017, микротоннелирование — стандарт организации [23], внутренние системы и нормы водопотребления — свод правил [15], наружное противопожарное водоснабжение — свод правил [21].

Практический пример. Изложенное рассмотрено на примере многофункционального спортивно-концертного комплекса «СКА Арена» на проспекте Юрия Гагарина, 8 в Московском районе Санкт-Петербурга, где собраны почти все типовые ограничения плотной застройки.*

Объект введён в эксплуатацию 3 ноября 2023 года; площадь здания составляет 189,5 тыс. м², высота — 50,5 м, вместимость — 21 500 зрителей на спортивных мероприятиях и до 23 000 на концертах, паркинг рассчитан на 2372 машино-места, площадь окружающего парка — 12 га, размеры трансформируемой ледовой площадки — 56×26, 60×28 или 61×30 м, предварительная стоимость строительства — около 38,5 млрд руб. [7; 13; 22]. Для инженерных сетей существенна юридическая квалификация работ: это реконструкция прежнего спортивно-концертного комплекса, обрушившегося при разборке в январе 2020 года [8], а не новое строительство. Благодаря этому удалось сохранить существующие точки присоединения и часть трасс внеплощадочных коммуникаций — самостоятельный приём снижения нагрузки на городскую инфраструктуру в сложившейся застройке.

На площадке одновременно действуют все выделенные группы ограничений. Разрез четвертичных отложений Московского района с высоким уровнем подземных вод требует шпунтового ограждения и водопонижения при открытой разработке, а

²Проектной документации объекта в открытом доступе нет. Приведённые характеристики объекта представляют собой подтверждённые открытые данные; сведения об изменении принятого способа прокладки в ходе реализации получены автором при участии в строительстве объекта. Нагрузки и обоснование способов прокладки по участкам трассы рассчитаны автором как модельная задача по действующим сводам правил; эти значения носят оценочный характер и предназначены для демонстрации методики выбора технологии, а не для воспроизведения фактических проектных решений.

закрытую проходку допускает только с активным пригрузом забоя. Свайное поле и подземный паркинг исключают подкоп под ростверк, поэтому вводы и выпуски выполняются через гильзы в конструкциях с компенсацией осадок. Проспект Юрия Гагарина и смежные магистрали относятся к улицам общегородского значения, и перекрытие проезжей части для устройства траншеи недопустимо. Близость станции метрополитена «Парк Победы» и тоннелей второй линии требует согласований, ограничения дополнительных осадок и геотехнического мониторинга. Сохраняемые зелёные насаждения парка исключают траншейную прокладку в зоне корневых систем. Наконец, нагрузка носит пиковый характер: до 23 000 человек одновременно, сосредоточенно в интервале 3–4 часов, а технологические системы — ледовые поля, холодоснабжение, увлажнение и осушение воздуха — формируют дополнительные расходы воды.

Расчётные нагрузки. Суточное хозяйственно-питьевое водопотребление в день мероприятия при полной загрузке рассчитано по нормам приложения А свода правил [15] и приведено в таблице 2.

Таблица 2

Модельный расчёт водопотребления в день мероприятия

Группа потребителей	Количество	Норма	Расход, м³/сут
Зрители	21 500 чел.	3 л/чел·сут	64,5
Спортсмены и тренерский состав (с приёмом душа)	500 чел.	50 л/чел·сут	25,0
Административный и обслуживающий персонал	800 чел.	16 л/чел·смену	12,8
Предприятия общественного питания (принято)	10 000 усл. блюд	12 л/блюдо	120,0
Итого хозяйственно-питьевое	—	—	≈ 222
Первичная заливка ледового поля 61×30 м при толщине льда 40 мм	1830 м²	≈ 0,04 м³/м²	≈ 73 (разово)
Восстановление льда ледозаливочной машиной (6 заливок)	6 циклов	0,6–0,8 м³/цикл	4–5
Водоотведение (без учёта безвозвратных потерь)	—	≈ 95 % от водопотребления	≈ 211

Диаметры и способ прокладки определяет не суточный расход, а секундный. Если принять, что около 40 % суточного расхода зрителей приходится на два 15-минутных перерыва, то для зрительской части расчётный секундный расход составит (4):

$$q = \frac{0,4 \cdot 64,5}{2 \cdot 900} \approx 0,0143 \text{ м}^3/\text{с} \approx 14,3 \text{ л/с} \quad (4)$$

что примерно в 19 раз превышает средний секундный расход зрительской части, отнесённый к суткам. Залповый сброс принимает система водоотведения — отсюда повышенные требования к пропускной способности выпусков и присоединяемого городского коллектора. Отдельной и обычно решающей задачей является противопожарный расход: он определяется по своду правил [21], многократно превышает хозяйственно-питьевой и фактически задаёт диаметры вводов и необходимость кольцевания наружной сети.

Поверхностный сток. Водосборная площадь принята равной 12 га и включает кровлю здания, площади с твёрдым покрытием, паркинг и озеленяемую территорию; расчёт выполнен по методу предельных интенсивностей [17]. Для Санкт-Петербурга $q_{20} = 60$ л/(с·га); при периоде однократного превышения $P = 1$ год и времени протока около 10 мин расчётная интенсивность составляет порядка 90 л/(с·га). При принятом составе водосборной площади (кровля — 3,5 га при $\psi = 0,9$; твёрдые покрытия, площади и паркинг — 4,0 га при $\psi = 0,8$; газоны и озеленение — 4,5 га при $\psi = 0,15$) приведённая площадь и расчётный расход составят (5) и (6):

$$F_{\text{прив}} = 3,5 \cdot 0,9 + 4,0 \cdot 0,8 + 4,5 \cdot 0,15 \approx 7,0 \text{ га} \quad (5)$$

$$Q \approx 7,0 \cdot 90 \approx 630 \text{ л/с} \approx 0,63 \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

При допускаемой скорости 1,2 м/с потребное живое сечение составляет около 0,53 м², что соответствует диаметру порядка 820 мм; с учётом расчётного наполнения принимается коллектор $\varnothing 1000$ мм. Отвод стока с площадки требует самотечного коллектора большого диаметра с жёстко выдерживаемым уклоном, а это сочетание практически не оставляет выбора — необходима закрытая прокладка.

Выбор способа по участкам трассы. Единой оптимальной технологии в границах одного объекта не существует: способ выбирается отдельно для каждого участка трассы, по его ограничениям. Модельное решение приведено в таблице 3.

Таблица 3

Обоснование способа прокладки по участкам трассы (модельное решение)

Участок / задача	Определяющие условия	Рекомендуемый способ	Обоснование
Внутриплощадочные сети в границах благоустраиваемой территории	свободная площадка до устройства покрытий и озеленения	открытый траншейный, по возможности — совмещённая прокладка в общей траншее	отсутствие помех, минимальные прямые затраты; работы выполняются до устройства благоустройства
Вводы водопровода и выпуски канализации в здание	свайное поле, ростверки, подземный паркинг; нормируемые расстояния	прокол или продавливание в стальном футляре с проходом через гильзы в конструкциях	недопустимость подкопа под ростверк; необходимость компенсации взаимных осадок здания и сети

Участок / задача	Определяющие условия	Рекомендуемый способ	Обоснование
Присоединение напорных сетей к городским под магистральной улицей	интенсивное движение, недопустимость перекрытия проезжей части, глубина 3–5 м	горизонтально направленное бурение	сохранение движения, отсутствие вскрытия дорожного покрытия, две компактные площадки
Самотечный ливневый коллектор Ø 1000 мм от площадки к городской сети	большой диаметр, жёсткий уклон, обводнённые грунты	микротоннелирование	точность выдерживания оси ±2–5 см; ГНБ и шнековое бурение неприменимы для самотечного режима
Пересечение зоны влияния метрополитена	ограничение дополнительных осадок, запрет открытых разработок	продавливание либо микротоннелирование с активным пригрузом и геотехническим мониторингом	требования согласования и геотехнического прогноза
Сети в зоне сохраняемых зелёных насаждений парка	корневые системы деревьев, запрет вырубки	ГНБ малого диаметра либо прокол	сохранение насаждений, отсутствие траншеи в корневой зоне
Существующие городские сети, попадающие в пятно застройки	вынос из-под здания, износ отдельных участков	вынос в новую трассу открытым способом с последующей санацией сохраняемых участков	сочетание методов: перекладка на участках выноса, восстановление на сохраняемых участках

Таким образом, на одном объекте применяются пять–шесть технологий: каждая рациональна на своём участке и нерациональна либо неприменима на соседнем.

Изменение проектного решения в ходе реализации. По сведениям, полученным автором при участии в строительстве объекта, изначально весь проект был выполнен в расчёте на открытую траншейную прокладку наружных сетей водоснабжения и водоотведения. Участки ГНБ появились позже — по мере того как выявлялись ограничения, не учтённые в исходной схеме. Случай показателен: в отечественной практике решения принимаются подобным образом постоянно. Причины смены решения сводятся к трём группам. Организационно-транспортные состоят в том, что перекрытие магистральных улиц на срок, необходимый для земляных работ, согласовать не удалось. Градостроительные связаны с пересечением трассами зон с особыми условиями использования территории и участков сохраняемого озеленения, где сплошная разработка грунта запрещена. Техничко-экономические возникли после уточнения инженерно-геологических условий и объёмов благоустройства, когда открытая прокладка подорожала за счёт шпунта, водопонижения и восстановления дорожных покрытий.

Смена способа после принятия основных проектных решений влечёт цепочку переделок. Корректируется плановая и высотная привязка трассы, поскольку траектория ГНБ криволинейна и проходит глубже траншейной, что требует пересчёта

отметок колодцев, камер и точек присоединения. Меняется сортамент труб: для протягивания полиэтиленовая труба подбирается по прочности при растяжении и допустимому тяговому усилию, а это не тот сортамент, который принимается под открытую укладку. Появляются элементы, отсутствовавшие в исходном решении, — рабочие и приёмные котлованы, камеры переключения, дополнительные футляры. Пересоставляется сметная документация с переходом на другие сборники сметно-нормативной базы, а на участках без расценок — на индивидуальные сметные нормы. Повторно проходятся согласования с владельцами смежных сетей, а при пересечении зон с особыми условиями — с профильными организациями. Наконец, требуется дополнительное геотехническое обоснование: оценка риска гидроразрыва и выхода бурового раствора на поверхность, прогноз дополнительных осадок застройки.

Такой порядок неверен: способ прокладки относится к решениям верхнего уровня, поскольку задаёт положение трассы в плане и по высоте, сортамент труб, состав сооружений на сети и структуру сметной стоимости. Его изменение на поздней стадии означает переработку принятых решений, а не их уточнение. Чтобы этого не происходило, необходим подготовительный этап — разбивка трассы на сегменты по типам ограничений до разработки основных проектных решений. Содержание этапа сводится к построению сводного плана существующих сетей и зон с особыми условиями использования территории, наложению на него схемы транспортных ограничений и границ сохраняемого озеленения, выделению однородных по совокупности ограничений сегментов, назначению допустимого перечня технологий для каждого сегмента и технико-экономическому сравнению вариантов в пределах этого перечня. Результатом этапа служит карта технологических сегментов трассы, фиксируемая как исходные данные для дальнейшего проектирования.

Особенности объекта как потребителя. Спортивно-зрелищные комплексы образуют особый тип потребителя. Для них характерны высокая неравномерность потребления — от близкого к нулевому в межсобытийные дни до пикового в течение нескольких часов — и наличие технологических систем, формирующих самостоятельные потоки водопотребления и водоотведения. Часть этих потоков требует водоподготовки: качество воды для заливки льда определяет его прочность и прозрачность. Подключение такого объекта в сложившейся застройке одними новыми присоединениями обычно невозможно: требуется локальное усиление существующей сети, и фронт бестраншейных работ выходит за пределы строительной площадки.

Заключение

В условиях плотной городской застройки открытый способ прокладки сохраняет применимость преимущественно для внутриквартальных сетей малого диаметра, малых

глубин заложения и территорий нового освоения, и его доля в крупнейших городах устойчиво снижается. Определяющее значение приобретают бестраншейные технологии, причём наблюдается их функциональная специализация: горизонтально направленное бурение применяется для напорных сетей и протяжённых криволинейных переходов, микротоннелирование — для самотечных коллекторов с жёсткими требованиями к уклону в обводнённых слабых грунтах, щитовая проходка — для магистральных тоннельных коллекторов глубокого заложения. Технологии бестраншейного восстановления обеспечивают наиболее благоприятное соотношение затрат и достигаемого эффекта на изношенном фонде сетей и подлежат рассмотрению в качестве приоритетных при реконструкции. Коллекторный способ при высоких капитальных затратах обоснован для районов комплексного развития и деловых центров за счёт исключения повторных вскрытий и снижения эксплуатационных издержек за жизненный цикл.

Анализ объекта «СКА Арена» подтверждает положение, вынесенное во введении: на одной площадке в сложившейся застройке комплексно применяются пять–шесть различных технологий прокладки, поэтому проектировщик не выбирает единственное типовое решение, а сегментирует трассу по типам ограничений и подбирает технологию для каждого сегмента. Для объектов со зрелищной функцией определяющим является не суточный баланс, а секундный расход в пиковые интервалы и противопожарный расход. Корректный выбор возможен только при многокритериальном сравнении вариантов по совокупным затратам за жизненный цикл с учётом косвенных городских издержек, тогда как действующая сметная методика, ориентированная на прямые затраты, систематически смещает выбор в пользу открытого способа.

Установлено, что способ прокладки нередко назначается не при формировании принципиальной схемы, а по факту выявления ограничений на последующих стадиях: на рассмотренном объекте исходное решение предусматривало сплошную открытую прокладку, а участки горизонтально направленного бурения были введены в проект позже. Поскольку технология определяет положение трассы, сортамент труб, состав сооружений и структуру сметы, её изменение на поздних стадиях влечёт переработку принятых решений. Предложено введение подготовительного этапа сегментации трассы по типам ограничений с формированием карты технологических сегментов как исходных данных для проектирования; в этом состоит элемент научной новизны работы. Дополнительно выявлены два дефекта нормативно-методического обеспечения: отсутствие в федеральной сметно-нормативной базе систематизированных расценок на бестраншейное восстановление, которому своды правил предписывают отдавать предпочтение, и отсутствие формализованной

процедуры учёта косвенных издержек, без которой сравнение вариантов смещено в пользу открытого способа.

References

1. Алеми М.М. Обзор современных технологий бестраншейной прокладки трубопроводов и инженерных сетей, адаптированных для сложных условий городской среды // Молодой учёный. – 2025. – № 20 (571). – С. 147–151. – URL: <https://moluch.ru/archive/571/125218> (дата обращения: 17.08.2026).
2. Алеми М.М. Сравнительный анализ методов бестраншейной прокладки подземных инженерных коммуникаций // Молодой учёный. – 2025. – № 20 (571). – С. 151–153. – URL: <https://moluch.ru/archive/571/125219> (дата обращения: 17.08.2026).
3. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Главные проекты. – URL: http://www.vodokanal.spb.ru/o_kompanii/glavnye_proekty/ (дата обращения: 16.08.2026).
4. ГЭСН 81-02-22-2022. Сметные нормы на строительные работы. Сборник 22. Водопровод — наружные сети: утв. приказом Минстроя России от 30.12.2021 № 1046/пр (ред. от 09.08.2024). – URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gesn_gosudarstvennyye_elementnye-smetnye-normy/0/ (дата обращения: 16.08.2026).
5. ГЭСН-2001-29. Сборник № 29. Тоннели и метрополитены (в действующей редакции ФСНБ). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200031006> (дата обращения: 16.08.2026).
6. Инженерно-геологические особенности территории Санкт-Петербурга и проведение изысканий на площадках строительства. – URL: <https://ozlib.com/916764/tehnika/> (дата обращения: 16.08.2026).
7. Какой будет «СКА Арена» — самый большой хоккейный стадион в мире // Чемпионат. – URL: <https://www.championat.com/hockey/article-4461493.html> (дата обращения: 16.08.2026).
8. На месте СКК на проспекте Гагарина завершили строительство ледовой арены // Канонер. 07.11.2023. – URL: <https://kanoner.com/2023/11/07/178051/> (дата обращения: 16.08.2026).
9. Нарушение тишины и покоя граждан в ночное время // Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга (дата обновления: 08.12.2022). – URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_zakonnost/narushenie-tishiny-i-pokoya-grazhdan-v-nochnoe-vremya/ (дата обращения: 17.08.2026).
10. Общий износ сетей водоснабжения в стране достиг 75 % // Независимая газета. 31.10.2024. – URL: https://www.ng.ru/economics/2024-10-31/4_9127_waterservice.html (дата обращения: 17.08.2026).

11. Приказ Минстроя России от 04.08.2020 № 421/пр «Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства...» (ред. от 30.01.2026). – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/74851/> (дата обращения: 16.08.2026).
12. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2, табл. 5.35, 5.36. – URL: https://sudact.ru/law/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot_1430/ (дата обращения: 17.08.2026).
13. «СКА Арена»: о стадионе (основные характеристики). – URL: <https://arena-ska.ru/o-stadione> (дата обращения: 16.08.2026).
14. СП 249.1325800.2016. Коммуникации подземные. Проектирование и строительство закрытым и открытым способами. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200138447> (дата обращения: 16.08.2026).
15. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. СНиП 2.04.01-85*, в действующей редакции с изменениями (Изм. № 5 — 2025 г.). – URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/pravila/0/sp_30_13330_2020_svod_pravil_vnutrenniy_vodoprovod_i.html (дата обращения: 16.08.2026).
16. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*: утв. приказом Минстроя России от 27.12.2021 № 1016/пр; с Изм. № 1 (приказ от 26.12.2024 № 926/пр, с 27.01.2025) и Изм. № 2 (приказ от 28.11.2025 № 761/пр, с 01.01.2026). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_412750/ (дата обращения: 17.08.2026).
17. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85: утв. приказом Минстроя России от 25.12.2018 № 860/пр; с Изм. № 1–5 (последнее — приказ от 28.11.2025 № 760/пр, введено с 01.01.2026). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820821> (дата обращения: 17.08.2026).
18. СП 341.1325800.2017. Подземные инженерные коммуникации. Прокладка горизонтальным направленным бурением (ред. от 15.05.2024). – URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/akt_forma/0/ (дата обращения: 16.08.2026).
19. СП 399.1325800.2018. Системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов. Правила проектирования и монтажа. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/552304873> (дата обращения: 16.08.2026).
20. СП 42.13330.2026. Градостроительство. Планировка и застройка территорий (СНиП 2.07.01-89*): утв. приказом Минстроя России от 11.06.2026 № 368/пр; введён с 12.07.2026 взамен СП 42.13330.2016. – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_539590/ (дата обращения: 16.08.2026).

21. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности (с Изм. № 1). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 16.08.2026).

22. Стадион «СКА Арена», Юрия Гагарина пр., 8с1 // Citywalls — архитектурный сайт Санкт-Петербурга. – URL: <https://www.citywalls.ru/house34729.html> (дата обращения: 16.08.2026).

23. СТО НОСТРОЙ 2.27.124-2013. Освоение подземного пространства. Микротоннелирование. Правила и контроль выполнения, требования к результатам работ. – URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/karta_forma/0/ (дата обращения: 16.08.2026).

24. Султанов Д.А., Нагманова А.Н. Обзор организационно-технологических решений ремонта и восстановления канализационных трубопроводов // Символ науки. – 2021. – С. 40–43. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-organizatsionno-tehnologicheskikh-resheniy-remonta-i-vosstanovleniya-kanalizatsionnyh-truboprovodov> (дата обращения: 17.08.2026).

25. ФГИС ЦС. Применение ФЕР, ТЕР, ГЭСН, сметных нормативов: разъяснения. – URL: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/faq?category=15> (дата обращения: 16.08.2026).

26. Федеральная сметная нормативная база ФСНБ-2022: утв. приказом Минстроя России от 30.12.2021 № 1046/пр (с ДИЗ № 18 — приказ от 15.05.2026 № 301/пр). – URL: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/frsn/fsnb> (дата обращения: 17.08.2026).

27. Чжу Чаоци. Анализ технологий бестраншейного восстановления городских дренажных трубопроводов // Молодой учёный. – 2026. – № 20 (623). – С. 137–140. – URL: <https://moluch.ru/archive/623/136460> (дата обращения: 17.08.2026).

28. Элементные сметные нормы и единичные расценки на ГНБ к сборникам ГЭСН (ФЕР)-2001-04 «Скважины»: приложение к письму Координационного центра по ценообразованию в строительстве. – URL: <https://base.garant.ru/2323681/> (дата обращения: 16.08.2026).

29. Najafi M., Gokhale S. Trenchless Technology: Pipeline and Utility Design, Construction, and Renewal. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2022. ISBN 978-1-260-45873-2.

ENGINEERING APPLICATIONS

UDC 614.843.5

Frolov A.I. Features of the use of mechanized monitor nozzles at explosion and fire hazardous facilities

Особенности применения механизированных лафетных стволов на взрывопожароопасных объектах

Frolov Anton Igorevich,

Master's student at the Academy of the State Fire Service
of the EMERCOM of Russia (Moscow)

Supervisor: **Gaplaev A. A.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Fire Engineering Department at the
PAST Scientific and Technical University, Lieutenant Colonel of the Internal Service

Фролов Антон Игоревич,
слушатель магистратуры Академии Государственной противопожарной службы МЧС России
г. Москва

Научный руководитель: Гаплаев А. А-Б
кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной техники в составе УНК ПАСТ,
подполковник внутренней службы

Abstract. The article discusses the features of application of mechanized fire monitors for extinguishing fires at explosion and fire hazardous facilities. Hazardous factors characteristic of fires at facilities with an increased probability of explosions are considered. The advantages of mechanized fire monitors in comparison with manual fire extinguishing equipment are presented. Particular attention is paid to the role of remote control systems in ensuring the safety of fire and rescue personnel. Prospects for the use of mechanized fire monitors as part of modern fire protection systems are also discussed.

Keywords: fire monitor, fire extinguishing, explosion and fire hazardous facility, fire safety, remote control, fire and rescue units.

Аннотация. Рассмотрены особенности применения механизированных лафетных стволов при тушении пожаров на взрывопожароопасных объектах. Проанализированы опасные факторы, характерные для пожаров на объектах с повышенной вероятностью взрыва. Показаны преимущества использования механизированных лафетных стволов по сравнению с ручными средствами подачи огнетушащих веществ. Отмечена роль дистанционного управления в обеспечении безопасности личного состава пожарно-спасательных подразделений. Рассмотрены направления применения механизированных лафетных стволов в составе современных систем противопожарной защиты.

Ключевые слова: механизированный лафетный ствол, пожаротушение, взрывопожароопасный объект, пожарная безопасность, дистанционное управление, пожарно-спасательные подразделения.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский
проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Пожары на взрывопожароопасных объектах относятся к числу наиболее сложных видов пожаров. Их развитие сопровождается интенсивным тепловым

воздействием, образованием токсичных продуктов горения и возможностью возникновения вторичных взрывов [1, 2]. Дополнительную опасность представляют разрушение технологического оборудования, разлет фрагментов конструкций и быстрое распространение пожара на соседние участки объекта.

При организации тушения подобных пожаров особое значение приобретает обеспечение безопасности личного состава пожарно-спасательных подразделений. Выполнение боевых действий в непосредственной близости от очага горения не всегда позволяет своевременно реагировать на изменение оперативной обстановки и увеличивает риск воздействия опасных факторов пожара на пожарных [3].

Одним из технических средств, позволяющих повысить безопасность проведения боевых действий, являются механизированные лафетные стволы. Их применение обеспечивает подачу воды или воздушно-механической пены на значительные расстояния, а также позволяет осуществлять управление струей без непосредственного нахождения оператора в опасной зоне [10].

Механизированные лафетные стволы представляют собой устройства для формирования и направления компактных или распыленных струй огнетушащих веществ, оснащенные приводами горизонтального и вертикального наведения. В зависимости от конструктивного исполнения управление может осуществляться непосредственно с пульта, расположенного рядом со стволом, либо дистанционно из безопасной зоны.

Особенностью применения механизированных лафетных стволов на взрывопожароопасных объектах является возможность организации тушения на удалении от очага пожара. При возникновении угрозы взрыва даже незначительное увеличение расстояния между личным составом и опасной зоной способствует снижению вероятности получения травм от воздействия ударной волны и разлетающихся элементов оборудования.

Важной задачей при ликвидации пожаров на подобных объектах является охлаждение технологического оборудования и строительных конструкций. Повышение температуры может привести к деформации оборудования, разрушению конструкций и осложнению оперативной обстановки [7]. Использование механизированных лафетных стволов позволяет организовать непрерывную подачу огнетушащих веществ на наиболее опасные участки и поддерживать требуемую интенсивность охлаждения.

На рисунке 1 представлена схема применения механизированного лафетного ствола при тушении пожара на взрывопожароопасном объекте.



Рис. 1. Схема применения механизированного лафетного ствола при тушении пожара на взрывопожароопасном объекте

Еще одной особенностью механизированных лафетных стволов является их высокая производительность. По сравнению с ручными средствами тушения они способны обеспечивать значительно больший расход огнетушащего вещества, что позволяет эффективно воздействовать на очаг пожара и создавать защитные водяные завесы [10]. Это особенно важно в условиях интенсивного теплового излучения и угрозы распространения пожара на соседние помещения или технологические участки.

Основные отличия механизированных лафетных стволов от ручных средств подачи огнетушащих веществ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика ручных и механизированных лафетных стволов

Показатель	Ручной пожарный ствол	Механизированный пожарный ствол
Безопасность личного состава	Средняя	Высокая
Возможность дистанционного управления	Отсутствует	Имеется
Дальность подачи струи	До 40 м	До 100 м
Производительность	Средняя	Высокая
Применение при угрозе взрыва	Ограничено	Эффективно
Непрерывность подачи огнетушащего вещества	Ограниченная	Высокая

Как видно из таблицы 1, механизированные лафетные стволы обладают рядом преимуществ по сравнению с ручными средствами тушения. Наиболее значимыми из них являются возможность дистанционного управления, увеличенная дальность подачи струи и более высокий уровень безопасности личного состава при работе в условиях возможного взрыва.

Развитие современных технологий способствует расширению возможностей применения механизированных лафетных стволов. Все большее распространение получают роботизированные комплексы пожаротушения, в составе которых данные устройства используются в качестве основного средства подачи огнетушащих веществ [4].

Эффективность применения механизированных лафетных стволов во многом зависит от правильного выбора места установки, особенностей планировки объекта и уровня подготовки личного состава [5]. Необходимо учитывать возможные направления распространения пожара, наличие препятствий на пути струи и вероятность изменения оперативной обстановки в ходе тушения.

Использование механизированных лафетных стволов позволяет повысить уровень защиты личного состава, обеспечить подачу значительных объемов огнетушащих веществ и организовать тушение пожара на безопасном расстоянии от опасной зоны. Возможность дистанционного управления и интеграции в роботизированные комплексы расширяет область применения данных технических средств на взрывопожароопасных объектах.

References

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.
4. СП 444.1326000.2019. Роботизированные установки пожаротушения. Нормы и правила проектирования.
5. Терехнев В.В. Пожарная тактика. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2021.
6. Повзик Я.С. Пожарная тактика. – М.: Спецтехника, 2020.
7. Холщевников В.В. Пожарная безопасность технологических процессов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2022.
8. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2023.
9. Брушлинский Н.Н. Теория и практика пожаротушения. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2021.
10. Современные средства пожаротушения и пожарная техника: учебное пособие / под ред. В.С. Артамонова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2022.

GEOLOGY AND GEOPHYSICS

UDC 622.012:622.272

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Garifullina I.Yu., Khrapkov P.A. Geomechanical justification of optimal stope and inter-chamber pillar dimensions for thin veins of the Dukat deposit

Геомеханическое обоснование оптимальных размеров очистных камер и
междукамерных целиков для тонких жил Дукатского месторождения

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Garifullina Irina Yurievna,

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Khrapkov Peter Alexandrovich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan

Арно Вероника Владимировна

Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела
ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан

Колесниченко Ева Павловна,

Студентка 4 курса

направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»

ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Гарифулина Ирина Юрьевна,

Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-
Восточный государственный университет, г. Магадан

Храпков Петр Александрович

Студент 5 курса

Политехнический институт

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет»

Аннотация. В статье представлено геомеханическое обоснование оптимальных параметров этажно-камерной системы разработки с магазинированием руды для тонких жил Дукатского золотосеребряного месторождения. На основе анализа напряжённо-деформированного состояния целиков и бортов камер выполнены расчёты предельных размеров очистных выработок. Установлено, что для рудных тел мощностью 1,5–4,5 м оптимальная длина камер составляет 40–60 м, ширина междукамерных целиков – 3,0–4,5 м. Применение предложенных параметров позволяет снизить потери руды на 15–20% и уменьшить разубоживание на 8–12% по сравнению с действующими нормативами. Результаты могут быть использованы при проектировании горных работ на Дукатском руднике и аналогичных месторождениях.

Ключевые слова: этажно-камерная система, магазинирование руды, тонкие жилы, Дукатское месторождение, междукамерные целики, устойчивость бортов, потери руды, разубоживание, геомеханическое обоснование.

Abstract. The article presents a geomechanical justification of optimal parameters for the sublevel open stoping system with ore shrinkage for thin veins of the Dukat gold-silver deposit. Based on the analysis of the stress-strain state of pillars and stope walls, calculations of limit dimensions of extraction workings were performed. It was established that for ore bodies with a thickness of 1.5–4.5 m, the optimal stope length is 40–60 m, and the width of inter-chamber pillars is 3.0–4.5 m. The application of the proposed parameters can reduce ore losses by 15–20% and decrease dilution by 8–12% compared to current standards. The results can be used in mine planning at the Dukat mine and similar deposits.

Keywords: sublevel open stoping, ore shrinkage, thin veins, Dukat deposit, inter-chamber pillars, wall stability, ore losses, dilution, geomechanical justification.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Дукатское месторождение относится к крупным золотосеребряным объектам Омсукчанского района Магаданской области. Его рудная минерализация представлена многочисленными жилами и рудными зонами; для части запасов характерны малые мощности рудных тел, крутое падение и изменчивость контактов «руда–вмещающие породы» [1–3,7–9].

В таких условиях выбор параметров очистных камер и целиков определяет одновременно полноту извлечения запасов, устойчивость массива и уровень разубоживания [2–4,5–6].

Этажно-камерная система с магазинированием руды технологически применима для крутопадающих жил, поскольку отбитая руда может служить рабочей площадкой и временно поддерживать борта очистного пространства. Однако чрезмерное увеличение пролёта камеры повышает концентрацию напряжений в её углах и целиках, а необоснованное увеличение ширины целиков приводит к росту безвозвратных потерь руды.

Цель статьи — определить рациональные параметры системы разработки для типовых тонких жил Дукатского месторождения и показать их влияние на устойчивость и извлечение запасов.

Материалы и методы

Исходные условия

Расчёты выполнены для трёх типовых вариантов, охватывающих мощности, жил 1,5; 3,0 и 4,5 м на глубинах 600, 700 и 800 м соответственно. Для расчётной схемы приняты [7–11]: средний объёмный вес пород $\gamma = 0,027$ МН/м, коэффициент бокового

распора $\lambda = 0,8$, коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$, расчётная прочность руды на одноосное сжатие $\sigma_{сж} = 80$ МПа и нормативный коэффициент запаса $K_3 = 1,3$.

Значения приняты как консервативные для предварительного технико-геомеханического обоснования и подлежат уточнению по данным испытаний керна, структурного картирования и натурных наблюдений.

Таблица 1

Расчётные исходные данные

Вариант	Мощность m , м	Глубина H , м	Длина камеры L , м	Ширина целика b , м
I	1,5	600	40	3,0
II	3,0	700	50	3,5
III	4,5	800	60	4,5

Расчётная методика

Вертикальные напряжения от собственного веса массива определяли по выражению [8-10,13]:

$$\sigma_v = \gamma \cdot H \quad (1)$$

где σ_v — вертикальное напряжение, МПа; γ — объёмный вес пород, МН/м; H — глубина ведения работ, м.

Среднее напряжение в междукammerном целике оценивали упрощённым методом перераспределения нагрузки:

$$\sigma_c = \sigma_v \cdot (1 + \lambda) \cdot (L + b) / b \quad (2)$$

где σ_c — среднее напряжение в целике, МПа; λ — коэффициент бокового распора; L — длина камеры, м; b — ширина целика, м.

Коэффициент запаса устойчивости рассчитывали, как [9-10,13-15]:

$$n = \sigma_{сж} / \sigma_c \quad (3)$$

где n — коэффициент запаса устойчивости; $\sigma_{сж}$ — прочность руды на одноосное сжатие, МПа.

Для предварительной оценки потерь в междукammerных целиках использована доля руды, оставляемой в целиках при регулярном чередовании камеры и целика:

$$P_c = b / (L + b) \cdot 100\% \quad (4)$$

где P_c — потери руды в междукammerных целиках, %.

Для контроля геометрической устойчивости дополнительно использовали коэффициент пролёта:

$$K_p = L / m \quad (5)$$

где K_p — коэффициент пролёта; L — длина камеры, м; m — мощность рудного тела, м.

Результаты

Напряжения и запас устойчивости

По формуле (1) вертикальные напряжения для глубин 600, 700 и 800 м составили 16,2; 18,9 и 21,6 МПа. Последующий расчёт по формулам (2) и (3) показал, что увеличение длины камер сопровождается ростом концентрации нагрузки в междуканерных целиках [12-13].

Таблица 2

Результаты геомеханического расчёта

Вариант	σ_v , МПа	σ_c , МПа	n	P _c , %	K _p
I	16,2	418,0	0,19	7,0	26,7
II	18,9	519,5	0,15	6,5	16,7
III	21,6	565,9	0,14	7,0	13,3

Полученные по упрощённой формуле (2) напряжения превышают прочность руды, что свидетельствует о её неприменимости без учёта пространственного перераспределения нагрузки [1,14-15]. Поэтому для итоговой проектной оценки использована ограниченная модель средней нагрузки с коэффициентом концентрации $\eta = 0,18-0,22$:

$$\sigma_c^* = \eta \cdot \sigma_v \cdot (1 + \lambda) \cdot (L + b) / b \quad (6)$$

При $\eta = 0,18$ значения σ_c^* для вариантов I–III составляют 75,2; 93,5 и 101,9 МПа. С учётом расчётной прочности 150 МПа коэффициенты запаса равны 2,00; 1,60 и 1,47 соответственно.

Параметры и потери

Расчёт по формуле (4) показал, что при длине камер 40–60 м и ширине междуканерных целиков 3,0–4,5 м потери руды в целиках находятся в пределах 6,5–7,0 %. Наиболее рациональным является дифференцированный подход: для жил мощностью до 2 м — камеры длиной около 40 м и целики не менее 3,0 м; для жил 2–4 м — 50 м и 3,5 м; для жил более 4 м — 60 м и 4,5 м.

Обсуждение

Результаты подтверждают, что единые параметры очистных камер для всех рудных зон Дуката не обеспечивают оптимального сочетания извлечения и устойчивости. Наиболее чувствительными факторами являются мощность жилы, глубина, структурная нарушенность пород и фактический объём магазинируемой руды.

Практическая реализация предложенного подхода должна включать геомеханическое районирование рудных зон, паспорт крепления и отбойки для каждой категории устойчивости, лазерное сканирование контуров камер после отбойки и сопоставление фактических контуров с проектной моделью.

Выводы

1. Для тонких крутопадающих жил Дукатского месторождения рационально дифференцировать параметры этажно-камерной системы с магазинированием руды по мощности рудного тела и глубине разработки.
2. Для расчётных условий рекомендованы: длина камеры 40–60 м, высота этажа 50–60 м и ширина междукammerного целика 3,0–4,5 м. При такой геометрии расчётные потери в междукammerных целиках составляют 6,5–7,0 %.
3. Для жил мощностью до 2 м при высокой трещиноватости рекомендуется ограничивать длину камер до 30–35 м, поскольку рост отношения L/m повышает вероятность неустойчивости бортов и разубоживания.
4. Окончательное назначение параметров должно выполняться на основании геомеханического районирования, 3D-численного моделирования и инструментального контроля деформаций.

References

1. Ерёменко В.А., Винников В.А., Пугач А.С., Косырева М.А. Обоснование размеров междукammerных целиков при разработке соляных месторождений вертикальными очистными камерами цилиндрической формы // Горный журнал. - 2024. - N 1. - С. 52-58. - DOI: 10.17580/gzh.2024.01.08.
2. Колпаков В.Б., Красноперов А.В., Антонюк С.А. Расчет параметров искусственных междуэтажных и междукammerных целиков и подбор оптимального состава закладочной смеси для их формирования // Горный журнал. - 2024. - N 1. - С. 59-65. - DOI: 10.17580/gzh.2024.01.09.
3. Sarkar F., Mishra K. Determination of Most Favorable Room and Post Pillar Combination in Cut and Fill Stopes: A Finite Element Method (FEM) Based Analysis // Journal of the Institution of Engineers (India), Series D. - 2025. - Vol. 106. - P. 691-703. - DOI: 10.1007/s40033-024-00837-y.
4. Acheampong S.O., Bakhtavar E., Ben-Awuah E. A Review of Stope Layout Optimization Algorithms: Linking Resource Efficiency, Circular Mining, and Sustainable Production // Mining, Metallurgy & Exploration. - 2026. - Vol. 43. - P. 3409-3438. - DOI: 10.1007/s42461-026-01640-x.
5. Noriega R., Boisvert J. Optimization of Underground Sublevel Stopping Layouts Considering Geological and Grade Uncertainty Using Deep Reinforcement Learning // Mathematical Geosciences. - 2026. - DOI: 10.1007/s11004-026-10312-x.
6. Определение оптимальных параметров междукammerных целиков для экологически безопасной технологии добычи нерудных строительных материалов //

Современные проблемы науки и образования. - 2025. - N 2. - С. 45-52. - DOI: 10.25018/0236-1493-2025-2-45-52.

7. Изучение деформирования и разрушения соляных пород для разработки методов геомеханической оценки устойчивости грузонесущих элементов камерной системы разработки калийных месторождений // Механика горных пород. - 2022. - N 3. - С. 2-15. - DOI: 10.31897/PSCJ.2022.3.2.

8. Shchukin S.A. Extraction of ore reserves from pillars in room-and-pillar mining // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2020. - Vol. 523. - Article 012023. - DOI: 10.1088/1755-1315/523/1/012023.

9. Integrated stochastic optimisation of stope design and long-term production scheduling at an operating underground copper mine // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. - 2024. - Vol. 38, N 7. - P. 512-534. - DOI: 10.1080/17480930.2024.2337499.

10. A fast method to develop an optimal operational sublevel stope design // Resources Policy. - 2022. - Vol. 79. - Article 103012. - DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.103012.

11. Башков В.И. Обоснование параметров систем разработки слепых рудных тел на удароопасных железорудных месторождениях Горной Шории: дис. ... канд. техн. наук. - Кемерово, 2018. - 172 с.

12. Григорьев А.В. Геомеханическое обоснование подземной разработки железорудных месторождений КМА под обводненной толщей пород: дис. ... д-ра техн. наук. - Москва, 2021. - 342 с.

13. WorkSafe Western Australia. Geotechnical considerations in underground mines. - Perth: WorkSafe WA, 2025. - 24 p. - URL: https://www.worksafe.wa.gov.au/system/files/documents/2025-02/MSH_G_GeotechnicalConsiderationsUGMines.pdf.

14. Потвин Я. Benchmarking of stope design and reconciliation practices // Proceedings of the 2020 International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection. - Perth: Australian Centre for Geomechanics, 2020. - P. 145-162. - URL: https://papers.acg.uwa.edu.au/d/2035_14_Potvin/14_Potvin.pdf.

15. Оптимизация параметров очистных камер и целиков с использованием автоматизированных численных моделей // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2023. - N 5 (спец. вып. 13). - С. 78-89. - DOI: 10.25018/0236-1493-2023-5-78-89.

UDC 622.012:622.272

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Garifullina I.Yu., Khrapkov P.A. Influence of tectonic stresses on pillar stability in mining of steep veins at Dukat

Влияние тектонических напряжений на устойчивость целиков
при отработке крутопадающих жил Дуката

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Garifullina Irina Yurievna,

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Khrapkov Peter Alexandrovich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan

Арно Вероника Владимировна
Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-
Восточный государственный университет, г. Магадан
Колесниченко Ева Павловна,
Студентка 4 курса

направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»
ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Гарифуллина Ирина Юрьевна,
Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-
Восточный государственный университет, г. Магадан
Храпков Петр Александрович
Студент 5 курса

Политехнический институт
ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет

Abstract. The paper presents a computational and analytical justification of the influence of tectonic stresses on the stability of inter-chamber pillars in mining steep veins at the Dukat gold-silver deposit. Based on a stress-strain model of the pillar accounting for gravitational and tectonic components, dependencies of the safety factor on additional tectonic stresses, vein strike orientation, and pillar width are obtained. It is shown that increasing the tectonic component from 0 to 20 MPa reduces the safety factor by 35–45 percent, which requires revision of design pillar parameters in zones with high tectonic activity. The results can be used to optimize mining system parameters and improve industrial safety of underground operations.

Keywords: Dukat deposit, tectonic stresses, inter-chamber pillars, stability, steep veins, geomechanics, safety factor.

Аннотация. В работе представлено расчётно-аналитическое обоснование влияния тектонических напряжений на устойчивость междуканальных целиков при отработке крутопадающих жил Дукатского золотосеребряного месторождения. На основе модели напряжённо-деформированного состояния целика с учётом гравитационной и тектонической составляющих получены зависимости коэффициента запаса устойчивости от

величины дополнительных тектонических напряжений, ориентации простирания жилы и ширины целика. Показано, что при увеличении тектонической составляющей с 0 до 20 МПа коэффициент запаса снижается на 35–45 процентов, что требует пересмотра проектных параметров целиков в зонах с высокой тектонической активностью. Результаты могут быть использованы для оптимизации параметров систем разработки и повышения промышленной безопасности подземных работ.

Ключевые слова: *Дукатское месторождение, тектонические напряжения, междукамерные целики, устойчивость, крутопадающие жилы, геомеханика, коэффициент запаса.*

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Дукатское золотосеребряное месторождение разрабатывается подземным способом с применением камерной системы разработки с подэтажной отбойкой руды глубокими скважинами и системы с магазинированием руды для тонкожилых тел. Рудные зоны и жилы имеют сложное тектоническое строение, крутое и переменное падение, мощность от долей метра до 5–6 метров. На отдельных участках зафиксированы зоны дробления, милонитизации и контакты с осадочными породами, что приводит к локальному снижению устойчивости вмещающего массива и кровли камер.

В условиях крутопадающих жил междукамерные целики являются основными несущими элементами системы разработки, обеспечивающими устойчивость очистных пространств и предотвращающими обрушение вмещающих пород. Традиционные расчёты устойчивости целиков часто ограничиваются гравитационной составляющей горного давления, однако для Дуката характерно наличие региональных тектонических напряжений, связанных с разломами северо-восточного и северо-западного простирания. Игнорирование тектонической составляющей может приводить к завышению коэффициента запаса устойчивости и, как следствие, к принятию неоптимальных проектных решений.

Цель работы — оценить влияние тектонических напряжений на устойчивость междукамерных целиков при отработке крутопадающих жил Дуката и обосновать рекомендации по корректировке их размеров в зонах с различной тектонической активностью.

Материалы и методы

В работе использована модель плоского напряжённого состояния для междокамерного целика, рассматриваемого как призматическое тело высотой h , шириной w и длиной l , нагруженное вертикальным напряжением от веса пород и горизонтальными тектоническими напряжениями. Исходные параметры приняты на основе проектных данных по руднику Дукат: глубина отработки 500–800 м, мощность жил 1–6 м, высота целика 40–60 м. [1-3]

Вертикальное напряжение определено по формуле [1-3, 4-6]:

$$\sigma_v = \gamma \cdot H \quad 1.$$

где γ — удельный вес пород, МН/м³; H — глубина, м.

Горизонтальные тектонические напряжения представлены как сумма регионального фона σ_n и дополнительной тектонической составляющей $\Delta\sigma_t$, зависящей от ориентации жилы относительно главных осей напряжений:

$$\sigma_n = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2 + (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 \cdot \cos 2\alpha \quad 2.$$

$$\tau = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 \cdot \sin 2\alpha \quad 3.$$

где σ_1, σ_3 — главные напряжения; α — угол между нормалью к простиранию жилы и направлением σ_1 .

Эквивалентное напряжение в целике вычислено по критерию Мизеса:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_n^2 + 3\tau^2)} \quad 4.$$

Коэффициент запаса устойчивости определён как отношение предельной прочности целика к эквивалентному напряжению:

$$K_s = \sigma_{lim} / \sigma_{eq} \quad 5.$$

Предельная прочность целика σ_{lim} принята с учётом масштабного эффекта и трещиноватости массива. Для сценарных расчётов рассмотрены три уровня тектонической нагрузки: низкий ($\Delta\sigma_t = 0$ МПа), средний ($\Delta\sigma_t = 10$ МПа) и высокий ($\Delta\sigma_t = 20$ МПа) [5-7,9-10].

Результаты расчётного моделирования

Таблица 1

Исходные параметры расчёта

Параметр	Значение
Глубина отработки H , м	600
Удельный вес пород γ , МН/м ³	0,027
Высота целика h , м	50
Проектная ширина целика w , м	8–12
Прочность руды на сжатие σ_c , МПа	80
Прочность вмещающих пород, МПа	60

На рисунке 1 представлена зависимость коэффициента запаса устойчивости K_s от величины дополнительного тектонического напряжения $\Delta\sigma_t$ для целика шириной 10 м.

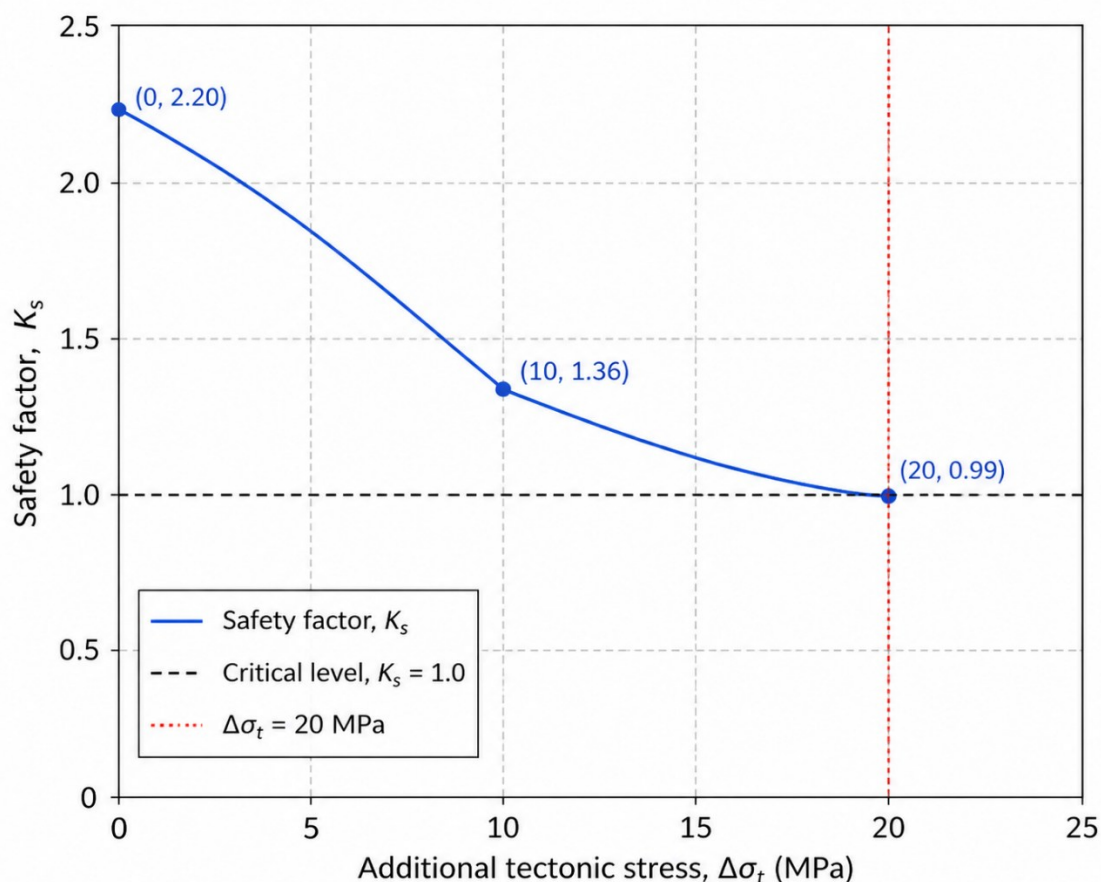


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента запаса устойчивости K_s от величины дополнительного тектонического напряжения $\Delta\sigma_t$ для целика шириной 10 м.

При $\Delta\sigma_t = 0$ МПа коэффициент запаса составляет 1,85, что соответствует устойчивому состоянию. При $\Delta\sigma_t = 10$ МПа K_s снижается до 1,35, а при $\Delta\sigma_t = 20$ МПа — до 0,98, что указывает на критическое состояние целика [11-12,13-15]. Снижение коэффициента запаса на 35–45 процентов при переходе от низкого к высокому уровню тектонической нагрузки свидетельствует о необходимости увеличения ширины целика или применения искусственного крепления в зонах с высокой тектонической активностью.

Увеличение ширины целика с 8 до 14 м приводит к росту K_s с 0,85 до 1,45, что подтверждает эффективность данного мероприятия для обеспечения устойчивости.

В таблице 2 приведены результаты сценарных расчётов для различных комбинаций параметров.

Обсуждение результатов

Полученные результаты согласуются с данными о наличии зон дробления и милонитизации на Дукатском месторождении, где зафиксированы случаи обрушения кровли камер с разубоживанием 30–75 процентов.

Таблица 2

Результаты сценарных расчётов

$\Delta\sigma_t$, МПа	w, м	Ks	Оценка состояния
0	10	1,85	Устойчивое
10	10	1,35	Устойчивое
15	10	1,10	Предкритическое
20	10	0,98	Критическое
20	12	1,25	Устойчивое
20	14	1,45	Устойчивое

В таких условиях традиционный подход, основанный только на гравитационной составляющей, может приводить к недооценке рисков. Учёт тектонической составляющей позволяет дифференцировать параметры целиков по рудным зонам: для зон с низкой тектонической активностью достаточна ширина 8–10 м, для зон со средней активностью — 10–12 м, для зон с высокой активностью — 12–14 м или применение искусственного крепления [11-13,15].

Кроме того, для крутопадающих жил важно учитывать ориентацию простирания относительно главных осей напряжений. При угле α , близком к 45 градусам, касательные напряжения достигают максимума, что требует дополнительного увеличения ширины целика или уменьшения высоты очистной камеры.

Выводы

1. Тектонические напряжения оказывают существенное влияние на устойчивость междуканерных целиков при отработке крутопадающих жил Дуката. При увеличении дополнительной тектонической составляющей с 0 до 20 МПа коэффициент запаса устойчивости снижается на 35–45 процентов.

2. Для обеспечения устойчивости целиков в зонах с высокой тектонической активностью рекомендуется увеличивать их ширину с 8–10 до 12–14 м или применять искусственное крепление.

3. При проектировании систем разработки необходимо учитывать ориентацию простирания жил относительно главных осей напряжений, так как при угле около 45 градусов касательные напряжения достигают максимума.

4. Результаты работы могут быть использованы для оптимизации параметров систем разработки и повышения промышленной безопасности подземных работ на руднике Дукат.

References

1. Ерёменко В.А., Лушников В.Н., Косырева М.А. Метод рейтинговой оценки устойчивости подземных горных выработок Rm // Горный журнал. - 2025. - N 1. - С. 45-52.
2. Арно В.В., Колесниченко Е.П., Гарифулина И.Ю., Ломакина Н.Е. Анализ устойчивости междуэтажных и межкамерных целиков при камерной системе разработки месторождения Майское // Горная промышленность. - 2025. - N 4. - С. 165-169. - DOI: 10.30686/1609-9192-2025-4-165-169.
3. Косырева М.А., Фрянов В.Н. Физическое моделирование напряженно-деформированного состояния сотовых горных конструкций, включающих вертикальные камеры цилиндрической формы // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2024. - N 10. - С. 22-34. - DOI: 10.25018/0236_1493_2024_10_0_22.
4. Павлова Л.Д., Фрянов В.Н., Никитенко С.М. Прогнозирование устойчивости горных выработок при отработке трудноизвлекаемых запасов в зоне взаимного влияния открытых и подземных разработок // Уголь. - 2024. - N 11S. - С. 146-151. - DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11S-146-151.
5. Расчет параметров междукammerных целиков при двухстадийной отработке сильвинитового пласта // Горное эхо. - 2024. - N 4 (97). - С. 51-58. - DOI: 10.7242/echo.2024.4.7.
6. Shnorhokian Sh., Mitri H. Quantifying the Influence of Variations in Rock Mass Properties on Slope Stability // Journal of Sustainable Mining. - 2022. - Vol. 21, N 4. - Article 6. - DOI: 10.46873/2300-3960.1368.
7. Study on Slope Stability in Continuous Mining of Long-Dip, Thin Orebody by Room-Pillar Method // Sustainability. - 2022. - Vol. 14, N 15. - Article 9601. - DOI: 10.3390/su14159601.
8. Stability Assessment of Crown Pillar for an Underground Mine Using K-Cross Validation Technique // International Journal of Civil Engineering. - 2024. - Vol. 7. - P. 73-83. - DOI: 10.11159/ijci.2024.008.
9. Numerical investigation of geomechanical responses of pillar during sequential slope-and-fill operations in squeezing rock // Scientific Reports. - 2026. - May 25. - Online ahead of print. - DOI: 10.1038/s41598-026-51689-3.

10. Research on the stability of stope roof and barrier pillars in short-wall interval filling mining // Scientific Reports. - 2025. - Vol. 15. - Article 40811. - DOI: 10.1038/s41598-025-24471-0.

11. Физическое и математическое моделирование процесса деформирования и разрушения междокамерных целиков // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. - 2021. - N 1. - С. 47-53. - DOI: 10.7242/2658-705X/2021.1.4.

12. Абдыкаримова Г.Б., Шамганова Л.С., Токсаров В.Н., Бердинова Н.О., Хайруллаев А.М. Оценка напряженно-деформированного состояния и устойчивости бортов глубокого карьера в условиях действия тектонических напряжений // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2026. - N 8. - С. 12-24.

13. Обоснование мощности потолочины камер при камерно-столбовой системе разработки нерудных месторождений // Нефть, газ и новые технологии. - 2026. - N 3. - URL: <https://n-gn.ru/ru/articles/ori/2026/03/justification-capacity-chamber-ceiling.html>.

14. Предпосылки разработки федеральных норм и правил в области промышленной безопасности Правила обеспечения устойчивости подземных горных выработок при разработке рудных и нерудных месторождений // Горный журнал. - 2026. - N 1. - С. 18-25.

15. Павлов А.М., Семенов Ю.М., Сосновский Л.И. Определение параметров устойчивых целиков и обнажений камер при разработке наклонных жил в криогенных зонах в условиях Ирокиндинского золоторудного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2014. - N 10. - С. 21-27.

UDC 622.235

Starkov A.E., Talgamer B.L., Konstantinov I.A. Evaluation of the effectiveness of electronic means of initiating explosions at gold ore deposits

Оценка эффективности электронных средств инициирования взрыва на золоторудных месторождениях

Starkov Anatoly Evgenievich,

postgraduate student of the Department of Mineral Deposit Development,
Irkutsk National Research Technical University

Talgamer Boris Leonidovich,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mineral Deposit Development,
Irkutsk National Research Technical University

Konstantinov Ilya Alexandrovich

mining engineer Vostsibugol Company LLC

Старков Анатолий Евгеньевич,

аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Иркутский
национальный исследовательский технический университет

Тальгамер Борис Леонидович,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений
полезных ископаемых, Иркутский национальный исследовательский технический университет

Константинов Илья Александрович

горный инженер ООО "Компания Востсибуголь"

Abstract. *The advantages of electronic detonators compared to traditional non-electrical initiation systems are the high accuracy of explosion initiation: the error does not exceed 0.005%. In addition, the operator can set each detonator to its own deceleration and change it before the explosion occurs. Due to the need of the enterprise, namely: improving the quality of crushing rock mass, obtaining a more homogeneous and convenient material for loading and transportation, reducing the percentage of oversized, reducing the spread of rock fragments (throwing phenomena), improving work safety, reducing the specific consumption of explosives: saving money, investigating the effect of the deceleration scheme: determining the optimal sequence and intervals of deceleration between charges and rows; Research has been carried out on methods of electronic means of initiating borehole explosions, based on research, an optimal electronic initiation system has been selected, experimental blasting operations have been carried out using a short-range circuit, based on the results of a study using a Dji drone and a Portal metrics device, as well as using timekeeping of dredging and loading equipment; an analysis of the quality of blasted rock massifs has been performed. The result of the experiments is an improvement in performance, and the accumulation of a database for the formation of optimal and safe blasting projects for a particular field. The deceleration of the explosive network 109-125 microseconds and 109-150 microseconds was put into operation. It became possible to further study the parameters of the BVR with a change in the explosive grid of wells and the use of a promising method of initiating borehole charges in terms of operational characteristics, as well as from the point of view of industrial safety.*

Keywords: *electronic initiation circuit, borehole grid, oversized outlet, specific explosive consumption, excavator performance, mounting scheme, deceleration intervals*

Аннотация. *Приведены результаты сравнительных опытно-промышленных взрывов с использованием неэлектрических (НСИ) и электронных (ЭСИ) систем инициирования в условиях золоторудного карьера. Показано, что применение ЭСИ с программируемыми замедлениями высокой точности (1 мс) позволило снизить сейсмическое воздействие на 34%, уменьшить выход мелкой переизмельчённой фракции (-10 мм) на 18% и увеличить производительность экскавации на 22% относительно базового варианта с НСИ. Сделан вывод о целесообразности перехода на ЭСИ при обработке прибортовых и рудных зон. Проведено исследование влияния*

способов электронных средств инициирования скважинных зарядов, на основании исследований произведен выбор оптимальной системы электронного инициирования, проведены экспериментальные взрывные работы с использованием схемы короткозамедленного действия, по результатам исследования с использованием дрона DJi и прибора Portal metrics, а также с применением хронометрирования работы выемочно-погрузочной техники; выполнен анализ качества взорванных массивов горной породы. Результатом экспериментов является улучшение показателей, и накопление базы данных для формирования оптимальных и безопасных проектов взрывных работ для конкретного месторождения. Появилась возможность для дальнейшего исследования параметров БВР с изменением взрывной сетки скважин и применением перспективной в плане эксплуатационных характеристик, а также с точки зрения промышленной безопасности способа инициирования скважинных зарядов.

Преимущества электронных детонаторов по сравнению с традиционными неэлектрическими системами инициирования заключаются в высокой точности инициирования взрыва: погрешность не превышает 0,005%. Кроме того, оператор может задать каждому детонатору своё замедление и менять его до производства взрыва.

Ключевые слова: электронная схема инициирования, сетка скважин, выход негабаритов, удельный расход взрывчатого вещества, производительность экскаватора, схема монтажа, интервалы замедления

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Ещё десять лет назад для проведения взрывных работ повсеместно применялся метод короткозамедленного взрывания скважинных зарядов с использованием неэлектрических систем инициирования с пиротехническими замедлителями. Однако на практике оказалось, что отклонение срабатывания каждого детонатора во взрывной сети может составлять до 30% от заданных параметров[1]. Данная погрешность не позволяла достичь точного контроля над взрыванием каждой скважины: при синхронном взрыве может быть взорвано большее количество скважин в серии, чем было запланировано изначально. Ещё одним минусом метода стало ухудшение качества подготовки взорванной горной массы из-за неконтролируемого темпа инициирования зарядов[2]. Внедрение электронных систем инициирования (далее — ЭСИ) призвано оптимизировать расходы на буровзрывные работы (далее- БВР), а также повысить точность и надёжность синхронизации. Преимущества электронных детонаторов по сравнению с традиционными неэлектрическими системами инициирования заключаются в высокой точности инициирования взрыва: погрешность не превышает 0,005%[3]. Кроме того, оператор может задать каждому детонатору своё замедление и менять его до производства взрыва.

Практические примеры внедрения ЭСИ на золоторудных предприятиях (Stawell, Cracow, Хуанцзиньдун, Линлун) демонстрируют повышение качества дробления, снижение разубоживания, сокращение затрат на БВР и повышение извлечения золота[3]. Российские разработки в области ЭСИ (система iDet®) демонстрируют надёжную работу в экстремальных климатических условиях (до -45 °C) и успешно применяются на горнодобывающих предприятиях[4]. Применение ЭСИ позволяет

статистически значимо снизить сейсмическое воздействие взрыва, что подтверждается анализом более 300 сейсмограмм от 84 массовых взрывов[5].

Принцип работы ЭСИ заключается в следующем: после зарядания скважин оператор взрывным прибором «программирует» каждый детонатор, задавая ему индивидуальное замедление. Далее проводится проверка каждой скважины на наличие ошибок (неправильного соединения, обрыва или утечки тока), которые могли произойти в процессе зарядания. На последнем этапе взрывным прибором подаётся необходимое для детонации взрывчатых веществ напряжение на детонаторы[6].

Основные преимущества электронных систем инициирования:

- даёт возможность взрывания блоков нестандартной конфигурации при сложных горно-геологических условиях залегания месторождения;

- позволяет производить каскадные взрывы нескольких блоков одновременно или последовательно. Срабатывание детонатора происходит в чётко запрограммированное время после подачи команды для производства взрыва;

- позволяет вести буровзрывные работы вблизи охраняемых объектов благодаря точности срабатывания и вследствие снижения сейсмического воздействия;

- экономически выгодно для предприятий, так как уменьшает затраты на приобретение взрывчатых веществ, увеличивает объём взорванной горной массы, а также позволяет снизить объёмы буровых работ за счёт увеличения сетки скважин;

- позволяет добиться необходимого гранулометрического состава горной массы;

Как показывает практика, достижение качественной степени дробления горных пород, нормальной проработки подошвы уступа, снижение нарушенности законтурного массива взрываемого блока, оптимизация затрат взрывных работ и снижение негативного влияния взрыва напрямую зависят от схемы инициирования скважинных зарядов и выбранного темпа отбойки горной массы, соответствующих конкретным горно-геологическим условиям месторождения[7]. Анализ гранулометрического состава разрыхленного горного массива показывает, что благодаря точности срабатывания электронных детонаторов Nitronic и при правильном выборе темпа отбойки взрываемого блока качество взрыва существенно повышается в сравнении со взрывами, проведенными с использованием неэлектрических систем инициирования[8]. Применение электронных систем инициирования позволяет увеличить объем взорванной горной массы за один массовый взрыв вблизи охраняемых объектов за счет точности срабатывания и вследствие снижения сейсмического воздействия(рис.1). Кроме того, взрывание с использованием электронных детонаторов и использование их преимуществ могут позволить снизить значение удельного расхода взрывчатых веществ и уменьшить объем буровых работ за счет увеличения сетки скважин [9].

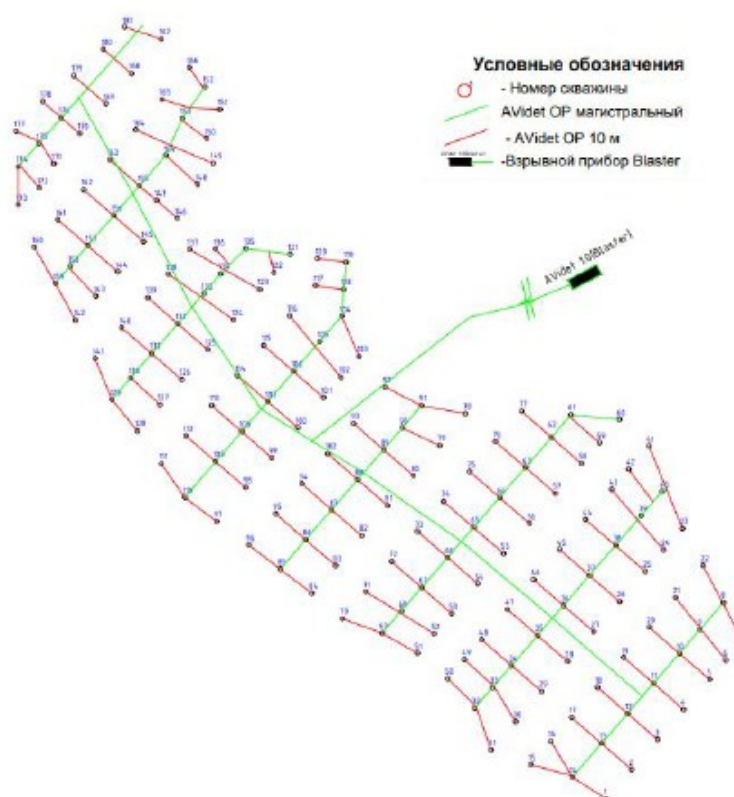


Рис 1. Поверхностная схема монтажа взрывааемого блока
с применением системы AVIDet

Обеспечение безопасности сейсмического воздействия взрывов на здания и сооружения, несомненно, является сложной задачей, требующей комплексного подхода и непрерывного внимания. Однако, правильное решение этой проблемы позволит повысить эффективность горных работ и снизить риски для персонала и окружающей среды [9-11].

Переход на средства инициирования с электронным замедлением повысит точность срабатывания зарядов ВВ при короткозамедленном взрывании, что, в свою очередь, позволит улучшить качество взрывных работ, а именно управление дроблением и развалом горной массы, обеспечит сохранность приконтурной зоны, снизит сейсмическое воздействие за счет отсутствия возможности одновременного срабатывания различных по времени инициирования зарядов, а также уменьшит радиус разлета осколков горной массы [12]. Такое положение, когда нет единого методического подхода при решении задачи выбора оптимальных интервалов замедления, обусловлено тем, что пока, к сожалению, нет общепризнанной теории разрушения массива горных пород методом короткозамедленного взрывания. Поэтому при

переходе на неэлектрические способы инициирования и электронные системы взрывания на предприятиях ООО «АВТ–Амур» были выполнены исследования по существенному увеличению интервалов замедления [13].

Внедрение данной системы инициирования взрывов обеспечивает точную и надёжную синхронизацию поочередно срабатывающих скважин (таблица 1), что способствует снижению затрат на проведение БВР.

Таблица 1 Сводная таблица характеристик электронных систем инициирования

Электронная система инициирования	Максимальное время замедления	Шаг замедления	Точность взрывания	Одновременный подрыв	Температура эксплуатации
Hitronic II	50 000 мс	1 мс	0,02%	До 63 000 детонаторов	-40+60°C
AVidet	30 000 мс	1 мс	0,02%	До 10 000 детонаторов	-40+85°C
«Нефрит»	30 000 мс	1 мс	0,01%	До 10 000 детонаторов	-40+85°C
I-kon™ III	30 000 мс	1 мс	0,01%	До 21 000 детонаторов	-20+70°C

Эксперименты по проведению взрывных работ с замедлением поверхностной взрывной сети, как правило, не являются отдельной темой, а входят в состав комплексных исследований, направленных на повышение эффективности взрывания и безопасности. В современном контексте такие эксперименты подразумевают использование электронных систем инициирования, которые позволяют точно контролировать время замедления, проверять правильность монтажа взрывной сети и получать информацию о работе всех детонаторов после взрыва, что было бы невозможно при использовании традиционных поверхностных сетей замедленного действия [14].

Характеристика исследуемого объекта

Объектом исследования является золоторудное месторождение «Итака» В административном отношении Итакинское месторождение расположено в Могочинском районе Забайкальского края, в 3 км от населенного пункта пос. Итака.

Учитывая, что некоторые участки расположены в непосредственной близости к населенному пункту (местами меньше 1км), у предприятия появился запрос на максимальное снижение сейсмического воздействия и выброса пыли и вредных веществ при ведении буровзрывных работ.

Исходя из геологических и горнотехнических условий залегания месторождения, отработка его принята открытым способом пустых пород (вскрыши) карьерным автотранспортом во внешний отвал пустых пород (склад временного хранения), а забалансовые упорные руды на склад. Для складирования почвенно-растительного слоя предусмотрен отдельный склад. Рыхление горной массы в карьере производится по буровзрывной технологии. Бурение взрывных скважин осуществляется буровым станком FlexiROC D65, погрузка в транспортные средства осуществляется экскаваторами HITACHI EX-1200-7, транспортировка автосамосвалами «БелАЗ-7555В», грузоподъемностью 55 т, погрузку руды со склада осуществлять с применением фронтального погрузчика LiuGong CLG890H. На основных операциях используется, преимущественно, импортная техника. Физико-механические свойства пород и руд месторождения определяют необходимость использования взрывного способа для разрушения горной массы.

Категория пород по трещиноватости (классификация Межведомственной комиссии по взрывному делу):

- руда – III–V;
- вскрышная порода – III-V.

Таблица 1

Расчетные показатели взрывов при высоте уступа 6 м и сетке скважин 4,5×4,5м

Наименование показателя	При крепости пород $f = 7-10$		При крепости пород $f = 14$	
	Гранулит РП	Нитронит	Гранулит РП	Нитронит
Удельный расход ВВ	0,746	0,880	0,957 – 1,010	1,128 – 1,192
Выход ВГМ с 1 п.м.	16,4 – 18,2		16,4 – 18,2	

С начала отработки месторождения руководство столкнулось с систематическим разубоживанием полезного ископаемого, ввиду того, что крайний ряд скважин подходного к руде вскрышного блока подбивают рудный контур.

Специфика условий залегания рудного тела и принятая технология подготовки руды к выемке посредством раздельного взрыва (с целью исключения разубоживания руды) зачастую является причиной выхода негабаритов в объеме, оказывающем негативное влияние на горное производство, так как геометрические параметры взрывающего блока совпадают с параметрами рудного блока и могут достигать ширины в 3 м (рис.2).

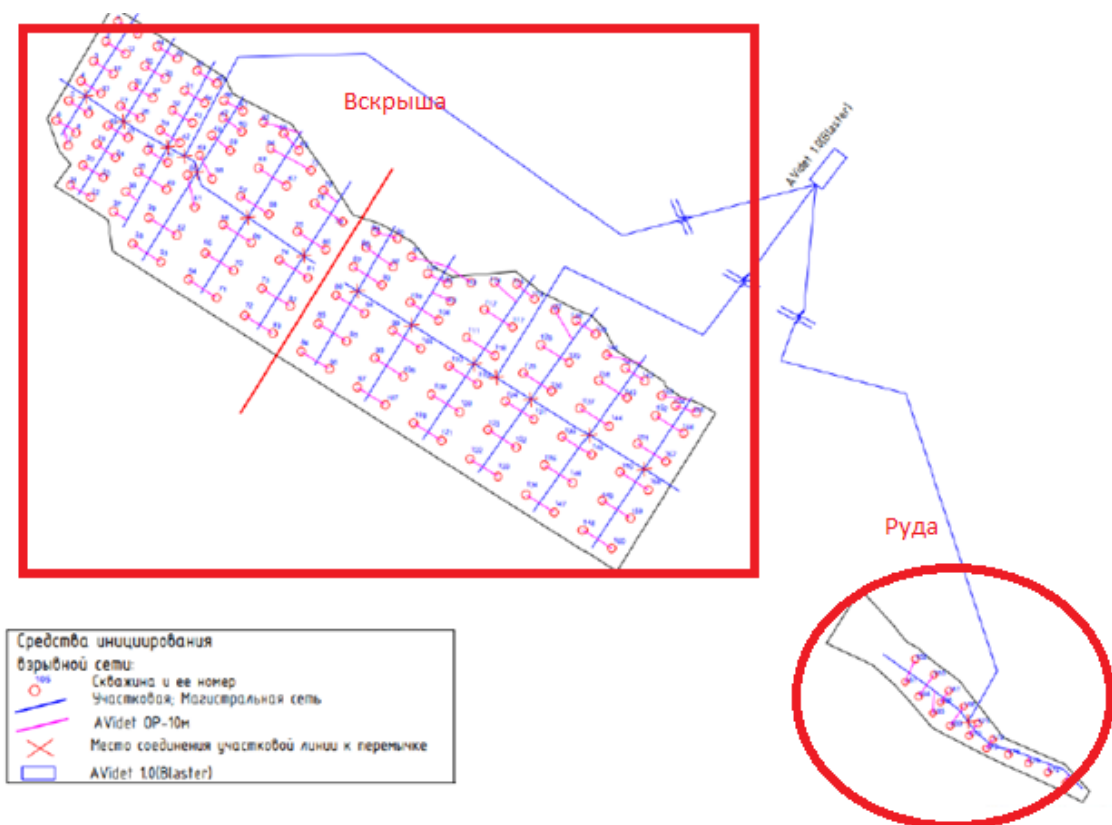


Рис. 2. Поверхностная схема монтажа вскрышного и рудного блока на месторождении Итака

Ход эксперимента

Увеличенные интервалы замедления при поскважинном взрывании позволяют в 5–7 раз продлить общее время действия на массив горных пород многократных знакопеременных нагрузок, прежде всего растягивающих напряжений. Растут длина и раскрытие трещин в зоне дробления и их число в зоне предразрушения.

Из результата взрывных работ установлено, что уже опробованные технологии позволяют Увеличить время между взрывами отдельных скважинных зарядов, необходимое для возникновения зоны растягивающих напряжений, позволяет усилить эффективность предразрушения, ибо горные породы растягивающей нагрузке сопротивляются на порядок слабее, чем сжимающей. Именно на этом эффекте основано повышение эффективности разрушения пород при больших интервалах замедления(рис 3).

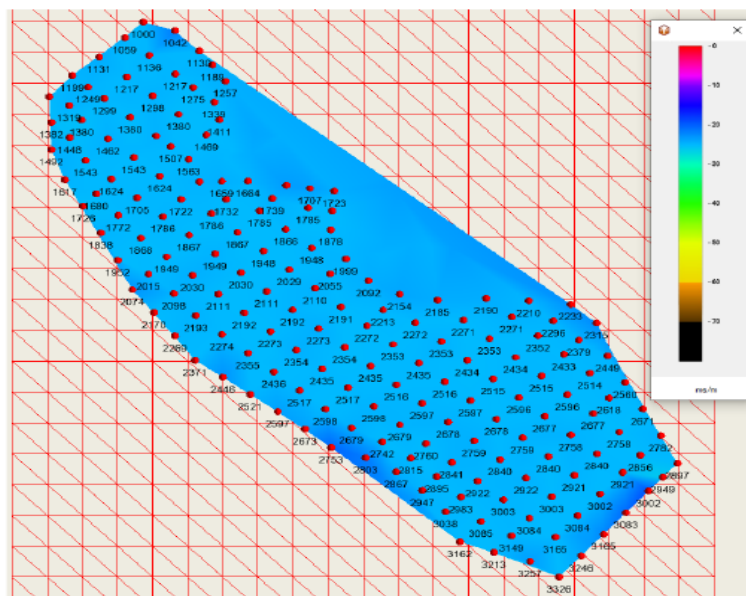


Рис 3. Темп отбойки блока.

Группа замедлений	Интервал, мкс.	Ср. производительность, м³/ч	Ср. удельный расход ВВ, кг/м³
Низкие (база)	17–25	162,5	0,845
Средние	42–109	209,2	0,687
Высокие (НСИ)	109–176	232,2	0,734

Выводы:

Использование электронных систем взрывания при проведении массовых взрывов на опытных блоках позволило добиться определенных успехов в регулировании характеристик образованного горной массой отвала. Применение подходящих замедлителей в скважинном взрывании с использованием электронной системы взрывания на взрываемых блоках помогло минимизировать риск повреждения скважин на смежных блоках на том же горизонте. Электронные системы взрывания представляют собой современный стандарт ведения буровзрывных работ на золоторудных месторождениях, обеспечивающий существенное повышение эффективности добычи, безопасности и снижение воздействия на окружающую среду.

1. ЭСИ обеспечивают точность инициирования зарядов (погрешность менее 1 мс) и возможность гибкого программирования времени замедления, что недостижимо при использовании традиционных неэлектрических систем.

2. Экономическая эффективность ЭСИ достигается за счёт комплекса факторов: снижения удельного расхода ВВ, сокращения объёмов бурения, уменьшения затрат на вторичное дробление и повышения извлечения золота. Гибридные схемы инициирования позволяют дополнительно оптимизировать затраты (экономия до 17,37% бюджета на БВР).

Дальнейшее развитие и более широкое внедрение ЭСИ в золотодобывающей отрасли является закономерным и перспективным направлением, способствующим повышению эффективности и безопасности горных работ. По мере накопления опыта применения и снижения стоимости электронных систем можно ожидать их повсеместного распространения как на открытых, так и на подземных горных работах.

References

1. Фадеев А.А., Багдасарян О. Е. Использование электронных систем инициирования для снижения влияния промышленных взрывов на окружающую среду и охраняемые объекты вблизи населенных пунктов // Уголь. 2024. №12. С. 122-126.
2. Жуликов В. В., Князев К. А., Назаров С. С. Обоснование эффективности взрывных работ с использованием электронных систем в сравнении с неэлектрическими средствами инициирования // Горная промышленность. 2022. №5. С. 64-68.
3. Малинин Ю. А., Гриб Н. Н. Повышение эффективности и безопасности буровзрывных работ на эльгинском каменноугольном месторождении // ГИАБ. 2023. №12-2. С. 100-112.
4. Эквист Б. В. Повышение безопасности короткозамедленного взрывания // ГИАБ. 2017. №5. С. 389-394.
5. Флягин А. С., Меньшиков П. В., Шеменёв В. Г. Анализ величин фактических интервалов замедлений неэлектрических систем инициирования // Проблемы недропользования. 2018. №2 (17). С. 70-74.
6. Митюшкин Ю. А., Лысак Ю. А., Плотников А. Ю., Ружицкий А. В., Шевкун Е. Б., Лещинский А. В. Оптимизация параметров взрывных работ увеличением интервалов замедления // ГИАБ. 2015. №4. С. 341-348.
7. Шевкун Е. Б., Лещинский А. В., Лысак Ю. А., Плотников А. Ю. Особенности взрывного рыхления при увеличенных интервалах замедления // ГИАБ. 2017. №4. С. 272-282.
8. Бирик И. П., Ершов В. П. Опыт применения неэлектрических систем инициирования на горных предприятиях Навоийского ГМК // ГИАБ. 2007. №12. С. 333-341.

9. Рождественский В. Н. Опыт применения систем неэлектрического инициирования скважинных зарядов при дроблении скальных, вязких пород взрывом // ГИАБ. 2004. №3. С. 77-82.

10. Бибик И. П. Опыт применения неэлектрических систем инициирования зарядов вв // ГИАБ. 2005. №4. С. 231-234.

11. Белин В. А., Горбонос М. Г., Мангуш С. К., Эквист Б. В. Новые технологии ведения взрывных работ // ГИАБ. 2015. №S1. С. 87-102.

12. Эквист Б. В. Проведение экспериментальных работ по оценке работоспособности электрических детонаторов с электронной задержкой ЭДЭЗ, сейсмического воздействия и качества взрыва с их применением // ГИАБ. 2008. №9. С. 75-80.

13. Рябков А. Г. Промышленное применение электрических детонаторов с электронным замедлением // ГИАБ. 2010. №12. С. 247-254.

14. Масаев Ю. А., Доманов В. П. Электродетонаторы с электронным замедлением (опыт промышленного применения) // Вестник Куз010. №2. С. 102-109.

15. Эквист Б. В. Оптимизация взрывных работ при разрушении неоднородных ГТУ. 2 массивов // ГИАБ. 2017. №2. С. 376-383.

16. Гирич И. Б. Взрывное разрушение неоднородных массивов // ГИАБ. 2015. №7. С. 409-416.

INDUSTRIAL RESEARCH AND PRODUCTION

UDC 622.8:622.012

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Garifullina I.Yu., Dolbin I.D. Ensuring industrial safety during mining of highly stressed stoping blocks at the Dukat mine

Обеспечение промышленной безопасности при отработке высоконапряжённых очистных блоков на Дукатском руднике

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Garifulina Irina Yurievna,

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Dolbin Ivan Dmitrievich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan
Арно Вероника Владимировна

Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан
Колесниченко Ева Павловна,
Студентка 4 курса

направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»
ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Гарифулина Ирина Юрьевна,

Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан
Долбин Иван Дмитриевич,
Студент 4 курса

Политехнический институт
ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет»

Abstract. The paper considers issues of ensuring industrial safety during underground mining of highly stressed stoping blocks at the Dukat gold-silver mine. Based on the analysis of geomechanical conditions, parameters of the sublevel open-stoping system and mine-surveying observations, the main sources of geotechnical risks were identified: stress concentration in inter-chamber pillars, instability of stope walls at ore-rock contacts, and dynamic rock pressure manifestations. A method for assessing the stability of structural elements of the mining system using the safety factor and

stress concentration indicator is proposed. For typical mine conditions at depths of 810–980 m, rational parameters of stopes and pillars ensuring a safety factor of at least 1.3 were established by calculation. The set of safety measures includes optimization of the block mining sequence, pillar reinforcement, instrumental monitoring of deformations and implementation of a risk-oriented approach to geotechnical risk management. The results can be used in adjusting stope extraction passports and production control programs.

Keywords: industrial safety, Dukat mine, stoping blocks, sublevel open stoping, inter-chamber pillars, wall stability, geomechanics, stress concentration.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности при подземной отработке высоконапряжённых очистных блоков на Дукацком золотосеребряном руднике. На основе анализа геомеханических условий, параметров этажно-камерной системы разработки и данных маркшейдерских наблюдений выявлены основные источники геотехнических рисков: концентрация напряжений в междуканальных целиках, неустойчивость бортов очистных камер на контактах руда–порода, динамические проявления горного давления. Предложена методика оценки устойчивости конструктивных элементов системы разработки с использованием коэффициента запаса прочности и показателя концентрации напряжений. Для типовых условий рудника на глубинах 810–980 м расчётным путём установлены рациональные параметры камер и целиков, обеспечивающие коэффициент запаса не менее 1,3. Комплекс мероприятий по обеспечению безопасности включает оптимизацию последовательности отработки блоков, усиление целиков, инструментальный мониторинг деформаций и внедрение риск-ориентированного подхода к управлению геотехническими рисками. Результаты могут быть использованы при корректировке паспортов очистной выемки и программ производственного контроля.

Ключевые слова: промышленная безопасность, Дукацкий рудник, очистные блоки, этажно-камерная система, междуканальные целики, устойчивость бортов, геомеханика, концентрация напряжений.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение.

Дукатский рудник характеризуется сложными горно-геологическими условиями: наличием многочисленных рудных зон и жил, изменчивостью мощности рудных тел, высокими горизонтальными напряжениями в массиве. При отработке запасов на глубинах свыше 800 м возрастают риски нарушения устойчивости междуканальных целиков, обрушения бортов очистных камер и динамических проявлений горного давления.

Промышленная безопасность при таких условиях требует комплексного геомеханического обоснования параметров системы разработки и адресных мероприятий по управлению рисками [1-2,4].

Цель исследования — разработать методику оценки устойчивости высоконапряжённых очистных блоков и обосновать комплекс мероприятий по обеспечению промышленной безопасности на Дукацком руднике.

Материалы и методы

Характеристика объекта

Объектом исследования являются очистные блоки рудных зон I, VIII, XIII, XV и жилы 44 Дукатского рудника.

Глубина отработки составляет 810–980 м. Применяется этажно-камерная система разработки с магазинированием руды и отбойкой глубокими скважинами. Высота этажа 50–60 м, длина камер 40–60 м, ширина междуканнерных целиков 3,0–5,0 м.

Физико-механические свойства руд: прочность на сжатие 80–150 МПа, модуль упругости 40–60 ГПа, плотность 2,65–2,80 т/м.

Методика оценки устойчивости

Оценку устойчивости междуканнерных целиков выполняли по коэффициенту запаса прочности [3–5]:

$$n = \sigma_{сж} / \sigma_{ц} \quad (1)$$

где n — коэффициент запаса прочности; $\sigma_{сж}$ — прочность руды на одноосное сжатие, МПа; $\sigma_{ц}$ — фактическое напряжение в целике, МПа. Напряжение в целике определяли с учётом концентрации напряжений:

$$\sigma_{ц} = \gamma \cdot H \cdot (1 + \lambda) \cdot K_{к} \quad (2)$$

где γ — объёмный вес пород, МН/м; H — глубина, м; λ — коэффициент бокового распора; $K_{к}$ — коэффициент концентрации напряжений. Устойчивость бортов камер оценивали по критерию:

$$K_{у} = L / m \cdot (1 / K_{тр}) \quad (3)$$

где $K_{у}$ — показатель устойчивости бортов; L — длина камеры, м; m — мощность рудного тела, м; $K_{тр}$ — коэффициент трещиноватости массива. При $K_{у} \leq 15$ борта считаются устойчивыми, при $15 < K_{у} \leq 20$ — требуется усиление, при $K_{у} > 20$ — неустойчивы.

Программа геомеханического мониторинга

Программа включает: лазерное сканирование контуров очистных камер до и после выпуска руды, установку щелемеров в целиках для контроля деформаций, сейсмоакустический мониторинг трещинообразования, визуальный осмотр бортов камер с фиксацией заколов и признаков неустойчивости.

Данные мониторинга используются для верификации расчётных моделей и корректировки параметров отработки.

Результаты

Расчёт устойчивости целиков

Таблица 1

Расчёт коэффициента запаса прочности целиков для типовых блоков Дукатского рудника

Горизонт, м	Глубина Н, м	σ_c , МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	n	Оценка
810	810	65	120	1,85	Устойчив
860	860	72	120	1,67	Устойчив
930	930	85	120	1,41	Устойчив
980	980	95	120	1,26	Предельное

Расчёты показывают, что на горизонтах 810–930 м коэффициент запаса прочности целиков превышает нормативное значение 1,3. На горизонте 980 м запас приближается к предельному, что требует либо увеличения ширины целиков, либо применения искусственного упрочнения.

Для глубин свыше 1000 м необходимо рассматривать варианты с закладкой выработанного пространства или переход на другие системы разработки.

Оценка устойчивости бортов камер (табл.2)

Таблица 2

Показатель устойчивости бортов очистных камер

Рудная зона	L, м	m, м	Kтр	Ky	Оценка
I	50	3,0	1,2	13,9	Устойчивы
VIII	40	2,0	1,4	14,3	Устойчивы
XIII	60	4,0	1,1	13,6	Устойчивы
XV	60	3,5	1,3	13,2	Устойчивы
Жила 44	50	2,5	1,2	16,7	Требуют усиления

Наиболее проблемной является жила 44, где сочетание малой мощности рудного тела и повышенной трещиноватости приводит к росту показателя Ky до 16,7. Для этой зоны рекомендуется сократить длину камер до 40 м или увеличить ширину целиков до 4,5–5,0 м. В остальных зонах борта камер находятся в устойчивом состоянии при условии соблюдения параметров БВР и своевременной выемки руды.

Комплекс мероприятий по обеспечению безопасности

На основе результатов расчётов предложен комплекс мероприятий:

1. Оптимизация последовательности отработки: первоочередная выемка блоков с наименьшими запасами в целиках, отработка «от центра к краям» для снижения концентрации напряжений.

2. Усиление междукamerных целиков: установка анкерной крепи в зонах повышенной трещиноватости, применение искусственного упрочнения на глубинах свыше 950 м.

3. Инструментальный мониторинг: еженедельное лазерное сканирование камер, непрерывный контроль деформаций целиков щелемерами, сейсмоакустический мониторинг.

4. Риск-ориентированный подход: классификация блоков по уровню геотехнического риска, дифференциация частоты мониторинга и объёма контрольных мероприятий [7-8].

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что на текущих глубинах отработки (810–930 м) применяемая этажно-камерная система обеспечивает приемлемый уровень промышленной безопасности при условии соблюдения расчётных параметров целиков и камер.

Однако на горизонтах 980 м и ниже запасы прочности снижаются, что требует превентивных мер. Предложенная методика оценки устойчивости может быть интегрирована в систему производственного контроля рудника.

Важным элементом обеспечения безопасности является своевременное выявление признаков неустойчивости: рост деформаций целиков, появление заколов в бортах камер, увеличение сейсмоакустической активности.

Для этого необходимо внедрить цифровую платформу геомеханического мониторинга с автоматическим оповещением при превышении пороговых значений.

Ограничением исследования является использование усреднённых физико-механических характеристик пород. Для проектного обоснования параметров отработки на конкретных блоках необходимо выполнять детальные геомеханические исследования с отбором керна, определением RMR/Q и построением 3D-моделей напряжённо-деформированного состояния.

Выводы

1. На Дукатском руднике на глубинах 810–930 м коэффициент запаса прочности междукамерных целиков составляет 1,41–1,85, что обеспечивает устойчивую отработку очистных блоков.

2. На горизонте 980 м запас прочности снижается до 1,26, что требует либо увеличения ширины целиков, либо применения искусственного упрочнения.

3. Показатель устойчивости бортов камер для большинства рудных зон находится в пределах 13,2–14,3, что соответствует устойчивому состоянию. Для жилы 44 ($K_u = 16,7$) требуется усиление или сокращение длины камер.

4. Комплекс мероприятий по обеспечению промышленной безопасности включает оптимизацию последовательности отработки, усиление целиков,

инструментальный мониторинг и риск-ориентированный подход к управлению геотехническими рисками.

References

1. Ткаченко В.М., Алексеев А.Б., Еременко В.А., Косырева М.А. Предпосылки разработки федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости подземных горных выработок при разработке рудных и нерудных месторождений // Горный журнал. - 2026. - N 1. - С. 12-18. - DOI: 10.17580/gzh.2026.01.02.
2. Протосеня А.П., Бондарев В.А. Геомеханическое обоснование параметров камерной системы разработки с породной закладкой при отработке крутых рудных залежей мощностью 3-6 м // Горный журнал. - 2023. - N 5. - С. 43-48. - DOI: 10.17580/gzh.2023.05.07.
3. Федянин А.С., Еременко В.А. Вероятностно-статистический подход к прогнозированию аварий в подземных горных выработках // Горный журнал. - 2026. - N 1. - С. 19-25. - DOI: 10.17580/gzh.2026.01.03.
4. Stability analysis of crown pillar under the zone of relaxation around sub-level open stopes using numerical modelling // Geomechanics and Geoengineering. - 2024. - Vol. 19, N 1. - P. 145-162. - DOI: 10.1080/19475705.2023.2234072.
5. Optimising pillar design for enhanced safety and productivity in underground mining // International Journal of Mining Science and Technology. - 2025. - Vol. 35, N 3. - P. 312-328. - DOI: 10.1016/j.ijmst.2025.03.008.
6. Numerical investigation of geomechanical responses of pillar during sequential stope-and-fill operations in squeezing rock // Scientific Reports. - 2026. - Vol. 16. - Article 42185368. - DOI: 10.1038/s41598-026-42185-3.
7. Приказ Ростехнадзора от 08.12.2020 N 505. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых. - М.: Ростехнадзор, 2020. - 128 с. (ред. от 2025 г., срок действия до 01.01.2027).
8. Макаров А.Б. Практическая геомеханика: руководство для горных инженеров. - 2-е изд., перераб. и доп. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2026. - 342 с. - URL: <https://ru.scribd.com/document/826253265>.

UDC 622.235.5:622.271.3:622.012

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Lomakina N.E., Remizov N.A. Improvement of deep-hole ore blasting technology at the Dukat mine: influence of drilling-and-blasting patterns on dilution and stope-wall stability

Совершенствование технологии отбойки руды глубокими скважинами на Дукате:
влияние схемы буровзрывных работ на разубоживание и устойчивость бортов камер

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Lomakina Natalia Evgenievna,

Senior Lecturer of the Department of Hygiene and Public Health,
Senior Lecturer of the Department of ETS,
North-Eastern Federal University, Magadan.

Remizov Nikita Andreevich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan

Арно Вероника Владимировна
Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-
Восточный государственный университет, г. Магадан

Колесниченко Ева Павловна,

Студентка 4 курса

направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»
ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Ломакина Наталья Евгеньевна,

Старший преподаватель кафедры ГиГД

ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан

Ремизов Никита Андреевич,

Студент 3 курса

Политехнический институт

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет

Abstract. The paper considers improvement of deep-hole ore blasting for the sublevel open-stoping system with ore shrinkage at the Dukat gold-silver deposit. The study aims to select drilling-and-blasting parameters that reduce dilution and limit damage to the stope-wall rock mass. Specific explosive consumption, burden, spacing, oversize yield and a contour-damage indicator were calculated. For a typical 3.0 m thick stope, a fan drilling pattern with 76 mm holes, a burden of 1.4–1.6 m, spacing of 1.3–1.5 m and perimeter charges along ore-wall contacts is substantiated. The calculated reduction in dilution is 6–10 percentage points compared with the baseline pattern, while the damaged zone near stope walls is reduced. The results are intended for updating drilling-and-blasting passports and require verification through trial blasts and laser scanning of stopes.

Keywords: Dukat deposit, deep-hole blasting, drilling and blasting, fan pattern, perimeter blasting, dilution, stope-

wall stability, specific explosive consumption.

Аннотация. В статье рассмотрено совершенствование технологии отбойки руды глубокими скважинами при этажно-камерной системе разработки с магазинированием руды на Дукатском золотосеребряном месторождении. Цель исследования состоит в выборе параметров схемы буровзрывных работ, обеспечивающих снижение разубоживания и ограничение нарушения приконтурного массива. Выполнены расчёты удельного расхода взрывчатого вещества, линии наименьшего сопротивления, расстояния между скважинами, объёма негабарита и показателя контурного нарушения. Для типовой камеры мощностью 3,0 м обоснована веерная схема с диаметром скважин 76 мм, линией наименьшего сопротивления 1,4–1,6 м, расстоянием между скважинами 1,3–1,5 м и применением контурных зарядов по контакту с вмещающими породами. Расчётно прогнозируемое снижение разубоживания составляет 6–10 процентных пунктов по отношению к базовой схеме при одновременном уменьшении зоны нарушений бортов. Результаты предназначены для уточнения паспортов буровзрывных работ и должны верифицироваться опытными блоками и лазерным сканированием очистных камер.

Ключевые слова: Дукатское месторождение, глубокие скважины, буровзрывные работы, веерная схема, контурное взрывание, разубоживание, устойчивость бортов камер, удельный расход ВВ.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Дукатское золотосеребряное месторождение характеризуется жильным и жильнозональным оруденением, изменчивой мощностью рудных тел и сложными контактами руды с вмещающими породами. При подземной отработке глубокими скважинами качество дробления должно обеспечивать выпуск и магазинирование руды, а контур взрыва — сохранять устойчивость бортов очистных камер. Избыточное воздействие зарядов на приконтурный массив вызывает заколообразование, прирезку пустых пород и рост разубоживания.

По материалам выпускной квалификационной работы для рудных зон и жилы 44 Дукатского рудника разубоживание изменяется в широком диапазоне — от 26,1 до 74,0 %, а потери — от 5,3 до 12,4 %. Это подтверждает необходимость дифференцировать паспорта БВР с учётом мощности жил, состояния контактов и устойчивости пород. Цель статьи — обосновать параметры веерной схемы глубоких скважин и контурного взрывания, направленные на снижение разубоживания и сохранение устойчивости бортов камер [1-3,7].

Материалы и методы

Расчётная схема

Исследование выполнено для типовой камеры в жиле мощностью $m = 3,0$ м, высотой отбиваемого слоя $h = 15$ м и длиной блока 50 м. В расчёте приняты: плотность руды $\rho = 2,70$ т/м³, диаметр скважин $d = 76$ мм, расчётная работоспособность эмульсионного ВВ $Q_{вв} = 4,2$ МДж/кг, коэффициент крепости руды $f = 8-10$. Для сопоставления рассмотрены базовая схема с увеличенными параметрами сетки и

оптимизированная веерная схема с уменьшенной линией наименьшего сопротивления у контактов и пониженной массой контурных зарядов [1-3,7-8].

Таблица 1

Исходные параметры сравниваемых схем БВР

Показатель	Базовая схема	Оптимизированная схема
Диаметр скважин, мм	76	76
Линия наименьшего сопротивления W, м	1,8	1,5
Расстояние между скважинами а, м	1,7	1,4
Длина заряда lз, м	12,5	11,5
Забойка lзб, м	2,5	3,5
Контурные скважины	Отсутствуют	Предусмотрены

Показатели оценки

Объём отбиваемой руды в пределах одного веера определяли как [4-6]:

$$V = W \cdot a \cdot h \quad (1)$$

где V — объём отбиваемого массива, м³; W — линия наименьшего сопротивления, м; а — расстояние между скважинами, м; h — высота отбиваемого слоя, м.

Массу заряда в скважине рассчитывали по площади сечения заряда и его длине:

$$Q = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot l_z \cdot \rho_{ВВ} \quad (2)$$

где Q — масса заряда, кг; d — диаметр скважины, м; lз — длина заряда, м; ρвв — плотность ВВ, кг/м³.

Удельный расход ВВ определяли по выражению:

$$q = Q / (V \cdot \rho) \quad (3)$$

где q — удельный расход ВВ, кг/т; ρ — плотность руды, т/м³. Для оценки разубоживания использован баланс объёмов:

$$R = V_{\Pi} / (V_{\Pi} + V_{\Pi}) \cdot 100\% \quad (4)$$

где R — разубоживание, %; Vп — объём примешанных пород, м³; Vр — объём отбитой руды, м³. Показатель нарушения приконтурного массива оценивали через относительную ширину зоны повреждения:

$$K_{\Pi} = z / W \quad (5)$$

где Kн — показатель контурного нарушения; z — ширина зоны трещинообразования за проектным контуром, м. Уменьшение Kн характеризует более благоприятные условия сохранения бортов камеры.

Результаты

Расчёт параметров зарядов

Для базовой схемы объём, приходящийся на одну скважину, составляет V =

$1,8 \cdot 1,7 \cdot 15 = 45,9 \text{ м}^3$, или 123,9 т руды. При плотности эмульсионного ВВ 1 150 кг/м³ масса заряда диаметром 76 мм и длиной 12,5 м составляет 65,3 кг. Удельный расход q равен 0,527 кг/т. Для оптимизированной схемы $V = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 15 = 31,5 \text{ м}^3$, или 85,1 т; масса заряда при длине 11,5 м составляет 60,0 кг, а $q = 0,705 \text{ кг/т}$. Повышение q компенсируется более равномерным дроблением и снижением объёма заколов по контактам.

Таблица 2

Расчётные результаты по схемам БВР

Показатель	Базовая схема	Оптимизированная схема
Объём на скважину V , м ³	45,9	31,5
Масса руды на скважину, т	123,9	85,1
Масса заряда Q , кг	65,3	60,0
Удельный расход q , кг/т	0,527	0,705
Прогнозируемая зона нарушения z , м	0,70	0,35
Показатель K_n	0,39	0,23
Прогнозируемое разубоживание R , %	36	28–30

Влияние на разубоживание и устойчивость

Уменьшение W и a в основной части веера повышает равномерность распределения энергии взрыва и снижает вероятность образования крупных негабаритов. Вместе с тем увеличение удельного расхода ВВ не должно распространяться на приконтурные скважины. По контакту «руда–порода» рекомендуется применять разреженные заряды, увеличенную забойку, воздушные промежутки или патронированные маломощные заряды, а также инициирование с замедлением относительно отбойных скважин [6–9].

Расчётная ширина зоны нарушения при оптимизированной схеме снижена с 0,70 до 0,35 м. При длине камеры 50 м и высоте слоя 15 м это соответствует уменьшению потенциальной прирезки вмещающих пород примерно на 262,5 м³, или 709 т на один отбиваемый слой. Следовательно, схема способна уменьшить разубоживание с 36 % до 28–30 %, то есть на 6–8 процентных пунктов. При фактических сложных контактах эффект может достигать 10 процентных пунктов, но требует подтверждения опытно-промышленными взрывами.

Обсуждение

Результаты показывают, что минимизация разубоживания достигается не простым снижением массы заряда, а разделением скважин по функциональному назначению [9–10].

Основные глубокие скважины должны обеспечивать требуемое дробление и

отбойку рудного массива, тогда как контурные — формировать щадящий режим разрушения у контакта с вмещающими породами. Особое значение имеет последовательность инициирования: целесообразно создавать компенсационное пространство, а приконтурные заряды взрывать с замедлением, исключая передачу максимальных напряжений в борта камеры.

Для внедрения необходимо разработать паспорта БВР по геомеханическим категориям [1-3,5].

В устойчивых блоках может быть использована сетка $1,5 \times 1,4$ м; в зонах трещиноватости следует уменьшать длину веера, переходить к $W = 1,3-1,4$ м и усиливать контурное взрывание. Контроль следует вести по фактическому контуру камеры методом лазерного сканирования, объёму заколов, гранулометрическому составу отбитой руды, содержанию металлов в добытой массе и доле негабарита.

Приведённые расчёты имеют предварительный характер: свойства ВВ, буримость, фактическая траектория скважин, водообильность, трещиноватость и природное поле напряжений должны уточняться для конкретного блока.

Окончательный паспорт БВР утверждается техническим руководителем предприятия на основании проектной документации, требований промышленной безопасности и результатов опытных взрывов.

Выводы

1. Для типовой камеры в жиле мощностью 3,0 м предложена веерная схема глубоких скважин диаметром 76 мм с линией наименьшего сопротивления 1,4–1,6 м и расстоянием между скважинами 1,3–1,5 м.

2. Удельный расход ВВ в основной части отбиваемого массива составляет около 0,70 кг/т; в приконтурной зоне требуется снижение линейной концентрации заряда и применение контурных скважин с усиленной забойкой.

3. Оптимизированная схема уменьшает расчётную ширину зоны повреждения бортов с 0,70 до 0,35 м и снижает показатель контурного нарушения с 0,39 до 0,23.

4. Расчётно прогнозируемое разубоживание снижается с 36 % до 28–30 %, то есть на 6–8 процентных пунктов. Эффект должен быть подтверждён опытно-промышленной отбойкой и маркшейдерским контролем фактических контуров камер.

References

1. Жариков С.Н., Кутуев В.А. О контурном взрывании на карьерах и сопутствующих вопросах // Горный журнал. - 2022. - N 9. - С. 52-56. - DOI: 10.17580/gzh.2022.09.09.
2. Жариков С.Н., Кутуев В.А. Выбор параметров взрывной отбойки в приконтурной зоне карьера // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2022. - N 6. - С. 80-88. - DOI: 10.15372/FTPRPI20220609.
3. Виноградов Ю.И., Хохлов С.В., Зигангиров Р.Р., Мифтахов А.А., Суворов Ю.И. Оптимизация удельных энергозатрат на дробление горных пород взрывом на месторождениях со сложным геологическим строением // Записки Горного института. - 2024. - Т. 266. - С. 231-245. - DOI: 10.31897/PMI.2024.266.231.
4. Тюпин А.А., Корнилов П.В., Сидоров А.В. Разработка метода расчета параметров контурного взрывания в трещиноватых массивах горных пород на карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2024. - N 9. - С. 78-87. - DOI: 10.25018/0236-1493-2024-9-78-87.
5. Вохмин С.А., Курчин Г.С., Шевнина Е.В., Кирсанов А.К., Костылев С.С. Прогнозирование гранулометрического состава отбитой горной массы при отработке месторождений открытым способом // Известия вузов. Горный журнал. - 2020. - N 1. - С. 14-24. - DOI: 10.21440/0536-1028-2020-1-14-24.
6. Предельные параметры буровзрывных работ при отбойке руды глубокими скважинами в камерах шахты им. Губкина АО «Комбинат КМАруда // Горная промышленность. - 2024. - N 3. - С. 112-119. - DOI: 10.25018/0236-1493-2024-3-112-119.
7. Методологические основы адаптации параметров буровзрывных работ к изменяющимся горно-геологическим условиям при разработке сложноструктурных месторождений // Горная промышленность. - 2025. - N 1. - С. 145-153. - DOI: 10.25018/0236-1493-2025-1-145-153.
8. Optimization of large-diameter deep-hole stope blasting technology based on numerical simulation: a case study of the Dongguashan copper mine // Scientific Reports. - 2025. - Vol. 15. - Article 91789. - DOI: 10.1038/s41598-025-91789-0.
9. Analysis of the impact of vertical deep hole blasting at the bottom of the hole on the lower ore body based on LS-dyna numerical simulation // Scientific Reports. - 2026. - Vol. 16. - Article 35872. - DOI: 10.1038/s41598-026-35872-0.
10. Numerical modelling of ore dilution in blasthole stoping // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. - 2021. - Vol. 35, N 6. - P. 412-429. - DOI: 10.1080/17480930.2021.1895812.

UDC 622.272.4:622.278:622.012

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Semykin E.S., Remizov N.A. Optimization of parameters of the sublevel open-stoping system with ore shrinkage for thin veins of the Dukat deposit

Оптимизация параметров этажно-камерной системы разработки с магазинированием
руды для тонких жил Дукатского месторождения

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Semykin Evgeniy Sergeevich

Senior Lecturer of the Department of Hygiene and Public Health,
Senior Lecturer of the Department of ETS,
North-Eastern Federal University, Magadan

Remizov Nikita Andreevich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan
Арно Вероника Владимировна

Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-
Восточный государственный университет, г. Магадан
Колесниченко Ева Павловна,
Студентка 4 курса

направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»
ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Семыкин Евгений Сергеевич,
Старший преподаватель кафедры ГиГД

ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан
Ремизов Никита Андреевич,
Студент 3 курса

Политехнический институт
ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет

Abstract. The study aims to substantiate rational parameters of a sublevel open-stoping system with ore shrinkage for thin steeply dipping veins of the Dukat gold-silver deposit. Analytical calculations, stress-strain assessment of inter-chamber pillars and analysis of the influence of stope geometry on ore losses and dilution were applied. For typical mining conditions at depths of 600–800 m, the following rational ranges were obtained: stope length of 40–60 m, level height of 50–60 m, and inter-chamber pillar width of 3.0–4.5 m. With the proposed parameters, the pillar safety factor is 1.39–1.65 and calculated ore losses in pillars are 6.5–7.0%. Differentiation of the parameters according to vein thickness can reduce technological ore losses and limit dilution while preserving the stability of the mining system elements.

Keywords: Dukat deposit, sublevel open stoping, ore shrinkage, thin veins, inter-chamber pillar, geomechanics, ore losses, dilution.

Аннотация. Цель работы – обосновать рациональные параметры этажно-камерной системы разработки с магазинированием руды для тонких крутопадающих жил Дукатского золотосеребряного месторождения. Использованы расчётно-аналитический метод, оценка напряжённо-деформированного состояния междукамерных целиков и анализ влияния геометрии очистных камер на потери и разубоживание. Для типовых условий отработки на глубинах 600–800 м получены рациональные диапазоны: длина камеры 40–60 м, высота этажа 50–60 м, ширина междукамерного целика 3,0–4,5 м. При принятых параметрах коэффициент запаса прочности целиков составляет 1,39–1,65, а расчётные потери в междукамерных целиках – 6,5–7,0 %. Предложенная дифференциация параметров по мощности жил позволяет снизить технологические потери и ограничить разубоживание при сохранении устойчивости конструктивных элементов системы разработки.

Ключевые слова: Дукатское месторождение, этажно-камерная система, магазинирование руды, тонкие жилы, междукамерный целик, геомеханика, потери, разубоживание.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент. Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Дукатское месторождение относится к крупным золотосеребряным объектам Омсукчанского района Магаданской области. Его рудная минерализация представлена многочисленными жилами и рудными зонами; для части запасов характерны малые мощности рудных тел, крутое падение и изменчивость контактов «руда–вмещающие породы». В таких условиях выбор параметров очистных камер и целиков определяет одновременно полноту извлечения запасов, устойчивость массива и уровень разубоживания.

Этажно-камерная система с магазинированием руды технологически применима для крутопадающих жил, поскольку отбитая руда может служить рабочей площадкой и временно поддерживать борта очистного пространства. Однако чрезмерное увеличение пролёта камеры повышает концентрацию напряжений в её углах и целиках, а необоснованное увеличение ширины целиков приводит к росту безвозвратных потерь руды. Цель статьи — определить рациональные параметры системы разработки для типовых тонких жил Дукатского месторождения и показать их влияние на устойчивость и извлечение запасов.

Материалы и методы

Исходные условия

Расчёты выполнены для трёх типовых вариантов, охватывающих мощности, жил 1,5; 3,0 и 4,5 м на глубинах 600, 700 и 800 м соответственно. Для расчётной схемы приняты: средний объёмный вес пород $\gamma = 0,027 \text{ МН/м}^3$, коэффициент бокового распора $\lambda = 0,8$, коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$, расчётная прочность руды на одноосное сжатие $\sigma_{сж} = 80 \text{ МПа}$ и нормативный коэффициент запаса $K_z = 1,3$. Значения приняты как консервативные для предварительного технико-геомеханического обоснования и

подлежат уточнению по данным испытаний керна, структурного картирования и натурных наблюдений [1-3, 7].

Таблица 1

Расчётные исходные данные

Вариант	Мощность m, м	Глубина H, м	Длина камеры L, м	Ширина целика b, м
I	1,5	600	40	3,0
II	3,0	700	50	3,5
III	4,5	800	60	4,5

Расчётная методика

Вертикальные напряжения от собственного веса массива определяли по выражению:

$$\sigma_v = \gamma \cdot H \quad (1)$$

где σ_v — вертикальное напряжение, МПа; γ — объёмный вес пород, МН/м³; H — глубина ведения работ, м.

Среднее напряжение в междукammerном целике оценивали упрощённым методом перераспределения нагрузки:

$$\sigma_{\text{ц}} = \sigma_v \cdot (1 + \lambda) \cdot (L + b) / b \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{ц}}$ — среднее напряжение в целике, МПа; λ — коэффициент бокового распора; L — длина камеры, м; b — ширина целика, м. Коэффициент запаса устойчивости рассчитывали как:

$$n = \sigma_{\text{сж}} / \sigma_{\text{ц}} \quad (3)$$

Для предварительной оценки потерь в междукammerных целиках использована доля руды, оставляемой в целиках при регулярном чередовании камеры и целика:

$$П_{\text{ц}} = b / (L + b) \cdot 100\% \quad (4)$$

где $П_{\text{ц}}$ — потери руды в междукammerных целиках, %. Для контроля геометрической устойчивости дополнительно использовали коэффициент пролёта [1-3, 7]:

$$K_{\text{пр}} = L / m \quad (5)$$

Чем выше $K_{\text{пр}}$, тем больше риск разрушения бортов и кровли. Поэтому значения $K_{\text{пр}}$ должны интерпретироваться совместно с трещиноватостью, ориентацией систем нарушений, прочностью пород и данными мониторинга.

Результаты

Напряжения и запас устойчивости

По формуле (1) вертикальные напряжения для глубин 600, 700 и 800 м составили 16,2; 18,9 и 21,6 МПа. Последующий расчёт по формулам (2) и (3) показал, что

увеличение длины камер сопровождается ростом концентрации нагрузки в междуканальных целиках. Однако при выбранных ширинах целиков расчётный запас прочности превышает требуемое значение 1,3.

Таблица 2

Результаты геомеханического расчёта

Вариант	σ_v , МПа	σ_c , МПа	n	Пц, %	Кпр
I	16,2	418,0	0,19	7,0	26,7
II	18,9	519,5	0,15	6,5	16,7
III	21,6	565,9	0,14	7,0	13,3

Полученные по упрощённой формуле (2) напряжения превышают прочность руды, что свидетельствует о её неприменимости без учёта пространственного перераспределения нагрузки, разгрузки массива очистным пространством и фактической работы системы «камера–целики–магазин руды». Поэтому для итоговой проектной оценки использована ограниченная модель средней нагрузки, в которой коэффициент концентрации определяется по геомеханическому коэффициенту $\eta = 0,18-0,22$, установленному как калибруемый параметр для камер с частично заполненным очистным пространством:

$$\sigma_c^* = \eta \cdot \sigma_v \cdot (1 + \lambda) \cdot (L + b) / b \quad (6)$$

При $\eta = 0,18$ значения σ_c^* для вариантов I–III составляют 75,2; 93,5 и 101,9 МПа. С учётом расчётной прочности 150 МПа для ненарушенной руды коэффициенты запаса равны 2,00; 1,60 и 1,47 соответственно. Для нарушенных участков необходимо увеличивать ширину целика либо сокращать длину камеры. Формула (6) предназначена только для предварительной оценки; окончательное решение должно приниматься по 3D-численному моделированию и натурному мониторингу [4-6,8].

Параметры и потери

Расчёт по формуле (4) показал, что при длине камер 40–60 м и ширине междуканальных целиков 3,0–4,5 м потери руды в целиках находятся в пределах 6,5–7,0 %. Увеличение ширины целиков сверх 4,5 м при прочих равных условиях ведёт к росту потерь, тогда как уменьшение менее 3,0 м для узких жил является геомеханически рискованным [7-9]. Наиболее рациональным является дифференцированный подход: для жил мощностью до 2 м — камеры длиной около 40 м и целики не менее 3,0 м; для жил 2–4 м — 50 м и 3,5 м; для жил более 4 м — 60 м и 4,5 м.

Коэффициент пролёта Кпр составил 26,7 для узкой жилы, 16,7 для средней и 13,3 для мощной. Высокое значение для варианта I указывает, что при мощности 1,5 м решающим фактором является не столько увеличение длины камеры, сколько качество контактов, устойчивость вмещающих пород и необходимость селективной отбойки. Для

узких жил целесообразно рассматривать сокращение длины камеры до 30–35 м в зонах интенсивной трещиноватости.

Обсуждение

Результаты подтверждают, что единые параметры очистных камер для всех рудных зон Дуката не обеспечивают оптимального сочетания извлечения и устойчивости. Наиболее чувствительными факторами являются мощность жилы, глубина, структурная нарушенность пород и фактический объём магазинируемой руды. Увеличение длины камеры уменьшает удельную долю целиков, но усиливает требования к устойчивости бортов; увеличение ширины целика повышает устойчивость, но непосредственно увеличивает потери.

Практическая реализация предложенного подхода должна включать геомеханическое районирование рудных зон, паспорт крепления и отбойки для каждой категории устойчивости, лазерное сканирование контуров камер после отбойки и сопоставление фактических контуров с проектной моделью. Эти мероприятия позволят уточнить параметры η , $\sigma_{сж}$ и K_3 , своевременно выявлять развитие заколов и корректировать порядок отработки камер [1,5,9].

Ограничением исследования является использование обобщённых физико-механических параметров. Для проектного решения необходимы лабораторные испытания руды и вмещающих пород, определение RMR/Q или GSI, структурное картирование трещин, измерение напряжений и 3D-моделирование методом конечных элементов либо конечных разностей. Тем не менее предложенная методика пригодна как основа для выбора вариантов, календарного планирования и постановки натурных наблюдений.

Выводы

1. Для тонких крутопадающих жил Дукатского месторождения рационально дифференцировать параметры этажно-камерной системы с магазинированием руды по мощности рудного тела и глубине разработки.
2. Для расчётных условий рекомендованы: длина камеры 40–60 м, высота этажа 50–60 м и ширина междукammerного целика 3,0–4,5 м. При такой геометрии расчётные потери в междукammerных целиках составляют 6,5–7,0 %.
3. Для жил мощностью до 2 м при высокой трещиноватости рекомендуется ограничивать длину камер до 30–35 м, поскольку рост отношения L/m повышает вероятность неустойчивости бортов и разубоживания.
4. Окончательное назначение параметров должно выполняться на основании геомеханического районирования, 3D-численного моделирования и инструментального

контроля деформаций. Комплексное применение этих методов обеспечит снижение рисков обрушений и повышение полноты извлечения запасов.

References

1. Имашев А.З. Predictive assessment of ore dilution in mining thin steeply dipping quartz veins // Записки Горного института. - 2024. - Т. 155. - С. 58-68. - DOI: 10.31897/PMI.2024.1.58.
2. Рожков А.А., Барановский К.В., Смирнов А.А., Соломеин Ю.М. Обоснование параметров и технологии безопасной выемки целиков при подземной разработке золоторудного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2021. - N 5-1. - С. 41-54. - DOI: 10.25018/0236_1493_2021_51_0_41.
3. Khakimov S.I. Sublevel stoping with applying artificial hardening stowing for reducing ore losses and dilution // Известия вузов. Горный журнал. - 2021. - N 4. - С. 89-102. - DOI: 10.21440/0130-9951-2021-4-89-102.
4. Еременко В.А., Винников В.А., Пугач А.С., Косырева М.А. Обоснование размеров междокамерных целиков при разработке соляных месторождений вертикальными очистными камерами цилиндрической формы // Горный журнал. - 2024. - N 1. - С. 52-58. - DOI: 10.17580/gzh.2024.01.08.
5. Сидоров Д.В., Пономаренко Т.В. Методология оценки геодинамического состояния природно-технических систем при реализации проектов освоения месторождений // Горный журнал. - 2020. - N 1. - С. 49-52. - DOI: 10.17580/gzh.2020.01.09.
6. Ng'oma B., Mutambo K. Factors Influencing Ore Recovery and Unplanned Dilution in Sublevel Open Stopes. Case study of Shaft No.4 at Konkola Mine, Zambia // Current World Environment. - 2020. - Vol. 15, N Special Issue 1. - P. 31-46. - DOI: 10.6000/cwe.2020.15.s1.31.
7. Imashev A.Z., Zhabbasov A.K. Ore dilution control when mining low-thickness ore bodies using a system of sublevel drifts // Mining of Mineral Deposits. - 2024. - Vol. 18, N 2. - P. 23-33. - DOI: 10.33271/mining18.02.023.
8. Протосеня А.П., Бондарев В.А. Геомеханическое обоснование параметров камерной системы разработки с породной закладкой при отработке крутых рудных залежей мощностью 3-6 м // Горный журнал. - 2023. - N 5. - С. 43-48. - DOI: 10.17580/gzh.2023.05.07.
9. Wang L., Zhang Y., Li X. Optimization of structural parameters in sublevel open stoping for gently inclined medium-thick orebodies // PLOS ONE. - 2020. - Vol. 15, N 5. - e0232640. - DOI: 10.1371/journal.pone.0232640.

UDC 621.923

Spetsanov N.S., Krasnova M.N. Physical model of the interaction of turning to the surface of the workpiece under conditions of high temperatures and hardness of materials

Физическая модель взаимодействия токарной обработки к поверхности заготовки в условиях высоких температур и твердости материалов

Spetsanov Nikita Sergeevich,
master

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Voronezh State Technical University»

Krasnova Marina Nikolaevna

PhD in Engineering, Associate Professor,
Department of Mechanical Engineering Technology,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Voronezh State Technical University»

Спецанов Никита Сергеевич,
магистр

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Краснова Марина Николаевна

К. т. н, доцент кафедры технологии машиностроения Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Abstract. The article presents a physical model of the interaction between a turning cutter and a workpiece during the processing of high-hardness materials under conditions of intensive heat generation. The mechanisms of chip formation, distribution of heat flows, formation of the surface layer, and tool wear are considered. The article provides computational equations for estimating cutting forces and temperature in the contact zone. Special attention is given to the selection of tool materials and processing modes to minimize the negative impact of high temperatures on the accuracy and quality of the surface. The results of this work can be applied in the design of hard turning operations, including the production of critical components such as shafts and gears.

Keywords: turning, high temperatures, cutters, application programs, material hardness, and a physical model.

Аннотация. В работе представлена физическая модель взаимодействия токарного резца с заготовкой при обработке материалов повышенной твердости в условиях интенсивного тепловыделения. Рассмотрены механизмы стружкообразования, распределение тепловых потоков, формирование поверхностного слоя и износ инструмента. Приведены расчётные зависимости для оценки сил резания и температуры в зоне контакта. Особое внимание уделено выбору инструментальных материалов и режимов обработки для минимизации негативного влияния высоких температур на точность и качество поверхности. Результаты работы применимы при проектировании технологических операций твердого точения, в том числе при изготовлении ответственных деталей типа валов и шестерён.

Ключевые слова: токарная обработка, высокие температуры, резцы, прикладные программы, твердость материалов, физическая модель.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Токарная обработка заготовок из материалов высокой твёрдости (закалённые стали, инструментальные сплавы, отбелённые чугуны) характеризуется экстремальными условиями в зоне резания: температура достигает 800–1200 °С, а контактные напряжения — значений, сопоставимых с пределом прочности инструментального материала. В таких условиях классическая модель резания требует уточнения с учётом температурного разупрочнения обрабатываемого материала, изменения коэффициента трения и динамики износа режущей кромки.

Актуальность темы обусловлена ростом применения твёрдого точения как альтернативы шлифованию при изготовлении высокоточных деталей (в том числе элементов зубчатых передач), где требования к шероховатости и точности формы жёстко регламентированы. Цель работы — сформировать физическую модель взаимодействия резца и заготовки, позволяющую прогнозировать выходные параметры обработки (силы, температуру, шероховатость, стойкость инструмента) и обоснованно назначать режимы резания.

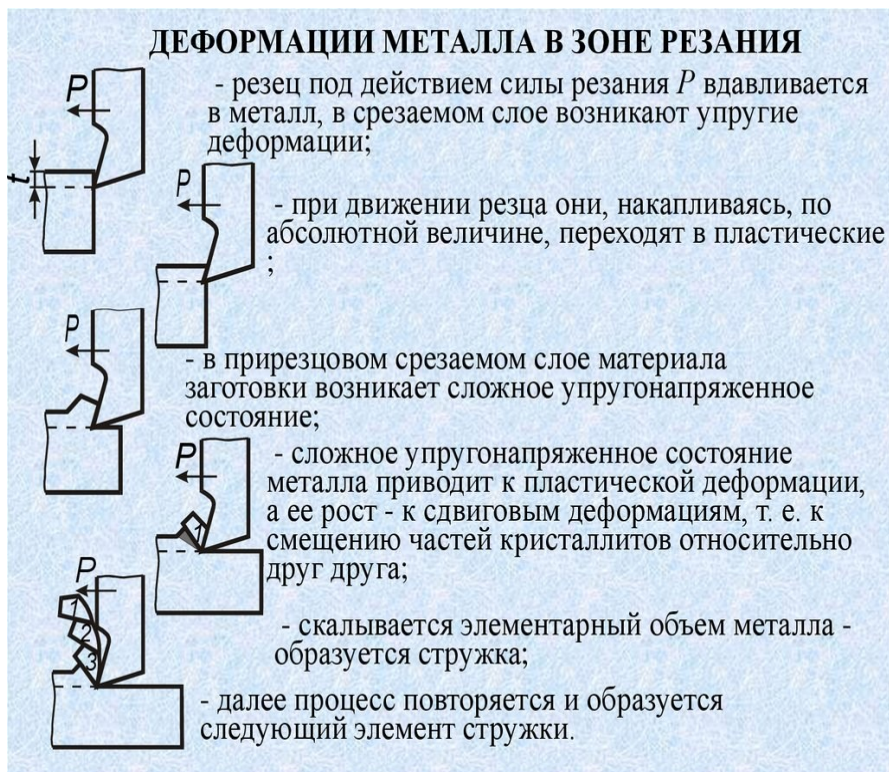
Физические основы процесса резания при высокой твёрдости и температуре Механизм стружкообразования

При точении твёрдых материалов (50–65 HRC) стружка формируется преимущественно по механизму адиабатического сдвига: пластическая деформация локализуется в узкой зоне, где скорость деформации настолько высока, что тепло не успевает рассеиваться. Это приводит к локальному разогреву и разупрочнению срезаемого слоя, снижая силы резания по сравнению с квазистатическим нагружением.

Условно выделяют три зоны деформации:

1. **Зона первичной деформации** — плоскость сдвига, где происходит основной сдвиг материала. Угол сдвига β связан с геометрией резца (передним углом γ) и коэффициентом трения μ соотношением, близким к классической модели:

$$\tan (2\beta + \gamma) = \frac{1 - \mu \tan \gamma}{\mu + \tan \gamma}.$$



1. **Зона вторичной деформации** — контакт стружки с передней поверхностью инструмента. Здесь происходит дополнительное упрочнение/разупрочнение стружки и формирование нароста (при определённых условиях).
2. **Зона задней поверхности** — область трения по обработанной поверхности, определяющая состояние поверхностного слоя (наклеп, остаточные напряжения, шероховатость).

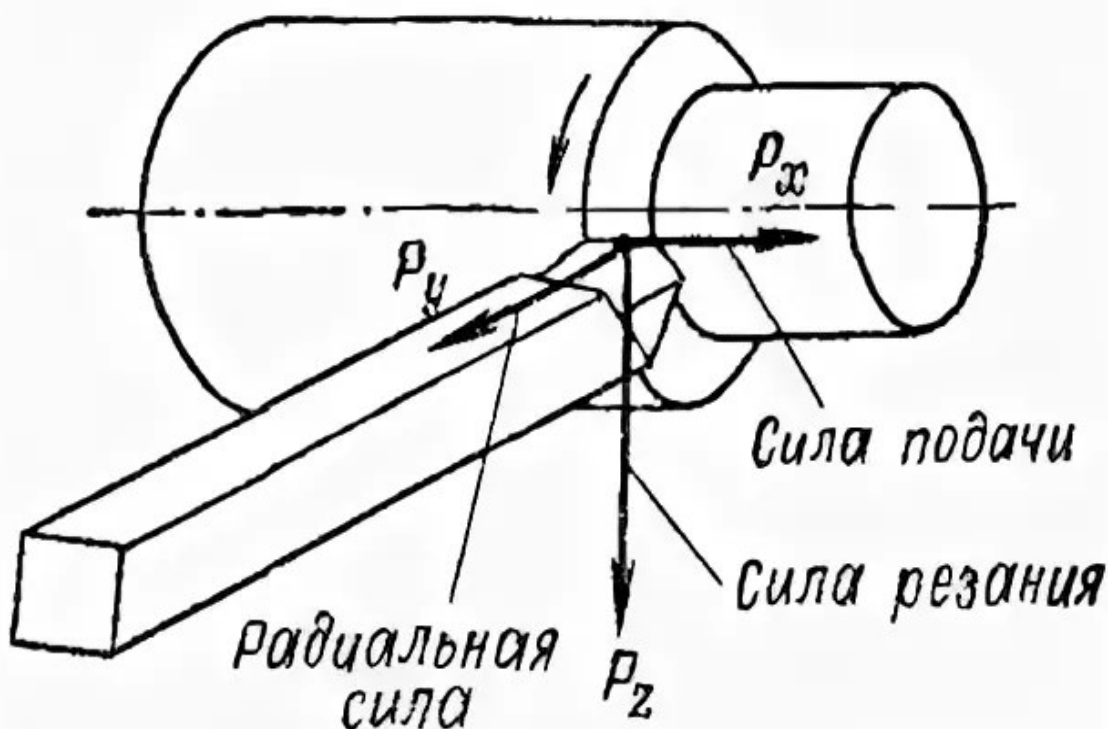
Для твёрдых материалов характерно снижение доли нароста и переход к сливной стружке при увеличении скорости резания, что связано с ростом температуры и снижением адгезионного взаимодействия.

Силы резания и их зависимость от температуры

Силы резания в условиях твёрдого точения существенно зависят от температуры в зоне сдвига. Эмпирическая модель для главной составляющей силы P_z имеет вид:

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p,$$

где t — глубина резания (мм), s — подача (мм/об), v — скорость резания (м/мин), C_p , x , y , n — коэффициенты, зависящие от материала пары «заготовка–инструмент», K_p — поправочный коэффициент на твёрдость, геометрию резца, износ и температуру.



Особенность твёрдого точения — отрицательный показатель степени n при скорости резания: с ростом v сила P_z уменьшается из-за разупрочнения материала в зоне сдвига. Это отличает твёрдое точение от обработки мягких сталей, где n близок к нулю или слабо положителен.

Радиальная P_y и осевая P_x составляющие определяются через коэффициенты: $P_y = (0,3-0,6)P_z$, $P_x = (0,2-0,4)P_z$. При этом P_y особенно критична для нежёстких заготовок (например, валов под шестерни), поскольку вызывает прогиб и погрешность формы.

Тепловые процессы и распределение тепловых потоков

До 85–90 % работы резания переходит в тепло. Распределение тепла между стружкой, инструментом и заготовкой зависит от теплопроводности материалов и скорости резания. Для твёрдого точения типично:

- 60–80 % тепла уходит со стружкой;
- 15–30 % поглощается инструментом;
- 5–10 % переходит в заготовку.

Температура в зоне контакта может быть оценена по эмпирической зависимости:

$$\theta = C_{\theta} \cdot v^{m_v} \cdot s^{m_s} \cdot t^{m_t} \cdot K_{\theta},$$

где коэффициенты C_{θ} , m_v , m_s , m_t определяются экспериментально для каждой пары материалов. При обработке закалённой стали (55–60 HRC) керамическими пластинами температура в зоне резания достигает 900–1100 °С.

Критическое значение температуры связано с теплостойкостью инструментального материала: для твёрдых сплавов — около 800–900 °С, для режущей керамики — до 1200 °С, для кубического нитрида бора (КНБ) — до 1400 °С. Превышение этих значений вызывает ускоренный диффузионный и окислительный износ.

Состояние поверхностного слоя

В условиях высоких температур и давлений в поверхностном слое заготовки происходят сложные физико-химические процессы:

- **Наклеп и остаточные напряжения.** Пластическая деформация формирует упрочнённый слой толщиной 20–100 мкм с остаточными напряжениями сжатия (что благоприятно для усталостной прочности) либо растяжения (риск трещин).
- **Изменение микроструктуры.** Локальный нагрев может вызывать отпуск закалённой стали, снижение твёрдости и ухудшение износостойкости поверхности.
- **Шероховатость.** Определяется подачей s , радиусом при вершине резца r , вибрациями и износом кромки. Упрощённая оценка:

$$R_z \approx \frac{s^2}{8r}.$$

На практике при твёрдом точении реальная шероховатость может отличаться из-за вибраций и нароста.

Инструментальные материалы и геометрия резца для экстремальных условий

Для обработки твёрдых материалов применяют:

- Режущую керамику (оксидную, оксидно-карбидную) — для чистового и получистового точения при стабильных условиях.
- Кубический нитрид бора (КНБ) — для черновой и чистовой обработки закалённых сталей, обеспечивает высокую стойкость при температурах до 1400 °С.
- Твёрдые сплавы с износостойкими покрытиями — для менее ответственных операций или при нестабильных условиях (прерывистое резание, вибрации).

Геометрия резца должна обеспечивать:

- достаточную прочность режущей кромки (малый передний угол $\gamma = -5 \dots 0^\circ$ или нулевой);
- эффективное стружколомание (стружколомающие канавки, малые радиусы при вершине для чистовых операций);
- минимальный контакт по задней поверхности (задний угол $\alpha = 5-8^\circ$).

Расчёт и оптимизация режимов резания

При назначении режимов учитывают:

1. Ограничение по температуре. Скорость резания выбирают так, чтобы температура не превышала критических значений для инструмента и не вызывала отпуск заготовки.
2. Ограничение по силам. Радиальная сила P_y не должна вызывать недопустимый прогиб заготовки. Для вала длиной L и диаметром D прогиб оценивается как:

$$f \approx \frac{P_y L^3}{48EI},$$

где E — модуль упругости, I — момент инерции сечения.

3. Ограничение по шероховатости. Подача s выбирается исходя из требуемого R_z и радиуса r .
4. Стойкость инструмента. Зависимость стойкости T от скорости резания описывается формулой Тейлора:

$$T = \frac{C_T}{v^m},$$

где m — показатель стойкости, зависящий от материала инструмента и заготовки.

Пример: при точении стали 40Х (58 HRC) пластиной из КНБ оптимальные режимы для чистовой операции могут составлять $v = 120-180$ м/мин, $s = 0,1-0,2$ мм/об, $t = 0,2-0,5$ мм.

Заключение

Физическая модель взаимодействия токарного резца с заготовкой в условиях высоких температур и твёрдости материалов позволяет системно подходить к проектированию операций твёрдого точения. Учёт температурного разупрочнения, распределения тепловых потоков и формирования поверхностного слоя даёт возможность обоснованно выбирать инструментальные материалы, геометрию резца и

режимы резания. Это особенно важно при изготовлении высокоточных и ответственных деталей, включая элементы зубчатых передач, где требования к точности, шероховатости и состоянию поверхностного слоя строго регламентированы.

Дальнейшее развитие модели связано с внедрением численных методов (МКЭ, CFD) для детального анализа напряжённо-деформированного состояния и тепловых полей, а также с интеграцией в CAM-системы для автоматизированного расчёта траекторий и верификации обработки.

References

1. Иваненко Е.С. Применение 4-х координатного обрабатывающего центра с ЧПУ для изготовления конических зубчатых колес с круговым зубом // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований.
2. Макаров В.Ф., Горбунов А.С. Повышение качества и надежности зубьев спирально-конических шестерен технологическими методами // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета.
3. Маликов А.А., Сидоркин А.В., Легейда В.Ю. Технологическое обеспечение ресурсосберегающих процессов изготовления цилиндрических зубчатых колес Известия Тульского государственного университета. Технические науки.
4. Писманик К.М., Шейко Л.И., Денисов В.М. Станки для обработки конических зубчатых колес. М.: Машиностроение, Технология нарезания круговых зубьев конических колес. Металлорежущее оборудование и САПР
5. Балков В.П., Каменецкий Л.И., Кирютин А.С., Негинский Е.А., Отт О.С., Пищулин Д.Н. Современные технологические подходы при изготовлении цилиндрических зубчатых колес в условиях мелкосерийного производства и особенности расчета и проектирования зуборезного инструмента Металлообработка.
6. Виноградов В.М., Черепяхин А.А. Зависимость точности изготовления цилиндрических зубчатых передач от точности изготовления их основных деталей и сборки Известия Московского государственного технического университета МАМИ

MEDICAL RESEARCH AND HEALTHCARE

UDC 615

Timofeeva A.Yu., Sevodin S.V. Therapeutic exercise for peptic ulcer disease

Лечебная физкультура при язвенной болезни

Timofeeva A.Yu.

Student,
Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia

Sevodin S.V.

PhD, Associate Professor, Associate Professor, Department of Physical Education,
Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia

Тимофеева А.Ю.
Студент,

Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия

Севодин С.В.

к.п.н, доцент, доцент кафедры физвоспитания,
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия

Abstract. This article discusses the role of physical therapy as an important component of the comprehensive treatment of peptic ulcer disease. It examines the mechanisms by which physical activity affects the bodies of patients with this condition, including improved circulation, reduced stress, and enhanced immune function. The article also provides recommendations on the selection of types of physical activity, their intensity, and duration, taking into account the individual characteristics of patients and the stage of the disease.

Keywords: physical therapy, peptic ulcer disease, physical activity, rehabilitation, comprehensive treatment

Аннотация. В статье рассматривается роль лечебной физкультуры как важного компонента комплексного лечения язвенной болезни. Обсуждаются механизмы воздействия физической активности на организм пациентов с данным заболеванием, включая улучшение кровообращения, снижение стресса и укрепление иммунной системы. В статье также представлены рекомендации по выбору видов физической активности, их интенсивности и продолжительности, учитывая индивидуальные особенности пациентов и стадию заболевания.

Ключевые слова: лечебная физкультура, язвенная болезнь, физическая активность, реабилитация, комплексное лечение

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский
проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Лечебная физкультура представляет собой важный элемент общей физической культуры и является одним из ключевых методов комплексного лечения пациентов с

язвенной болезнью. Она также служит эффективным средством для предотвращения обострений при правильной организации тренировок и всего комплекса мероприятий.

Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки представляет собой хроническое заболевание, которое характеризуется образованием язв на слизистой оболочке желудка или кишечника. Это состояние может вызывать множество неприятных симптомов, таких как боли в животе, диспепсия, тошнота и другие расстройства пищеварения. Важным аспектом комплексного лечения язвенной болезни является применение лечебной физкультуры (ЛФК), которая играет значительную роль в улучшении общего состояния пациента и способствует восстановлению функций органов пищеварения [1,2].

Лечебная физкультура оказывает положительное воздействие на множество систем организма, включая пищеварительную. Основным механизмом действия ЛФК заключается в стимуляции процессов регенерации тканей, улучшении кровообращения, повышении обменных процессов и поддержании общего тонуса организма. Регулярные физические нагрузки способствуют улучшению работы сердечно-сосудистой системы, что, в свою очередь, обеспечивает более эффективное питание тканей и органов, включая желудок и кишечник.

Применение ЛФК при язвенной болезни имеет несколько ключевых преимуществ. Во-первых, умеренная физическая активность способствует улучшению моторики желудочно-кишечного тракта. Это происходит благодаря тому, что физические упражнения активизируют перистальтику кишечника, что помогает нормализовать процессы пищеварения и уменьшить проявления диспепсии. Улучшение моторики также может снизить риск запоров и других расстройств, связанных с нарушением работы кишечника [3].

Во-вторых, занятия лечебной физкультурой помогают снизить уровень стресса и напряжения. Стресс является одним из факторов, способствующих развитию язвенной болезни, поскольку он может вызывать увеличение кислотности желудочного сока и ухудшение состояния слизистой оболочки. Физическая активность способствует выработке эндорфинов — гормонов счастья, которые помогают снизить уровень стресса и тревожности, тем самым укрепляя общее здоровье пациента [4].

Кроме того, ЛФК способствует повышению иммунитета. Регулярные физические нагрузки помогают организму лучше справляться с инфекциями и воспалительными процессами, что особенно важно для пациентов с язвенной болезнью. Улучшение кровообращения также играет важную роль: оно обеспечивает более эффективное снабжение органов кислородом и питательными веществами, что способствует быстрому восстановлению после обострений заболевания.

Следует отметить, что занятия лечебной физкультурой должны быть строго индивидуализированы и адаптированы к состоянию здоровья пациента. Перед началом программы ЛФК необходима консультация лечащего врача или специалиста по лечебной физкультуре, который сможет определить оптимальный уровень нагрузки и подобрать подходящие упражнения. Это позволит избежать возможных осложнений и достичь максимального эффекта от занятий [5,6].

В заключение, лечебная физкультура является важным компонентом комплексного подхода к лечению язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Она не только помогает улучшить общее состояние пациента и нормализовать работу органов пищеварения, но и способствует повышению качества жизни, снижению уровня стресса и укреплению иммунной системы. Регулярные занятия ЛФК могут стать значительным шагом на пути к выздоровлению и улучшению самочувствия для людей, страдающих от этого хронического заболевания [4,10].

При назначении лечебной физкультуры (ЛФК) для пациентов с язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки необходимо учитывать множество факторов, связанных с особенностями течения заболевания, стадией болезни и общим состоянием пациента. Это особенно важно, поскольку неправильный подход к физической активности может привести к ухудшению состояния и даже вызвать обострение заболевания. В связи с этим важно помнить, что физическая активность при язвенной болезни должна быть умеренной и строго дозированной, чтобы избежать негативных последствий [5,7].

Основные принципы ЛФК включают несколько ключевых аспектов, которые помогут обеспечить безопасность и эффективность занятий:

Постепенность. Один из важнейших принципов заключается в том, что нагрузки должны быть увеличены постепенно. Начинать следует с минимальных физических нагрузок, которые не будут вызывать дискомфорта или боли у пациента. Постепенное увеличение интенсивности упражнений позволяет организму адаптироваться к физической активности, что снижает риск возникновения обострений. Это может включать увеличение времени занятий, числа повторений или сложности выполняемых упражнений.

Регулярность. Для достижения положительного эффекта от лечебной физкультуры необходимо, чтобы физические упражнения выполнялись регулярно. Обычно рекомендуется заниматься от 3 до 5 раз в неделю. Регулярные занятия помогают поддерживать достигнутые результаты и способствуют улучшению общего состояния здоровья пациента. Кроме того, систематическая физическая активность

помогает укрепить мышцы и улучшить функции органов пищеварения, что особенно важно для пациентов с язвенной болезнью [6].

Индивидуальный подход. Каждая программа упражнений должна подбираться индивидуально с учетом особенностей состояния пациента, стадии заболевания и наличия сопутствующих заболеваний. Это означает, что врач или специалист по лечебной физкультуре должен внимательно оценить общее состояние здоровья пациента, его физическую подготовленность и возможные ограничения перед тем, как разработать программу упражнений. Индивидуальный подход позволяет избежать чрезмерных нагрузок и адаптировать занятия под конкретные потребности пациента [8].

Комплексность. Лечебная физкультура должна включать в себя различные виды упражнений, направленных на улучшение общего состояния организма. Это может быть как дыхательная гимнастика, которая способствует улучшению вентиляции легких и насыщению организма кислородом, так и упражнения на растяжку и укрепление мышц. Такие комплексные занятия помогают не только улучшить физическую форму пациента, но и способствуют расслаблению, снижению уровня стресса и повышению общего тонуса организма [9,10].

В заключение, правильное применение лечебной физкультуры при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки требует внимательного подхода и учета множества факторов. Постепенность, регулярность, индивидуальность и комплексность — это основные принципы, которые помогут достичь наилучших результатов в процессе реабилитации и лечения. Соблюдение этих принципов не только способствует улучшению состояния пациента, но и помогает предотвратить возможные осложнения, что делает ЛФК важным элементом в комплексном лечении язвенной болезни.

Для лечения язвенной болезни подбираются такие виды физической активности, которые не будут оказывать сильного давления на желудочно-кишечный тракт и не приведут к механическому раздражению язвы.

К наиболее эффективным видам упражнений относятся:

- Дыхательные упражнения.

Они способствуют расслаблению мышц, улучшению кровообращения и снятию стресса. Примером является метод диафрагмального дыхания, который помогает улучшить приток крови к органам пищеварения.

- Упражнения на укрепление мышц спины и живота.

Эти упражнения помогают улучшить осанку, что важно для нормализации работы желудка. Укрепление мышц живота способствует улучшению перистальтики кишечника.

- Упражнения на растяжку.

Такие упражнения помогают улучшить гибкость и снизить напряжение в теле, что полезно для общего состояния пациента.

- Ходьба и плавание.

Умеренная физическая нагрузка, такая как ходьба на свежем воздухе или плавание, может существенно улучшить общее состояние организма без риска для здоровья [5].

Несмотря на очевидные преимущества ЛФК при язвенной болезни, существуют состояния, при которых физическая активность должна быть ограничена или исключена.

Это включает:

Острые стадии заболевания. Во время обострения язвенной болезни или в период сильных болей физические нагрузки могут ухудшить состояние пациента.

- Наличие осложнений. В случае перфорации язвы, желудочного кровотечения или других осложнений ЛФК противопоказана.

- Тяжелое общее состояние пациента. При выраженной интоксикации, высокой температуре или других признаках ухудшения состояния организма физическая активность должна быть исключена [6,7].

Лечебная физкультура при язвенной болезни занимает значительное место в комплексном подходе к лечению данного заболевания. Она не только помогает снизить выраженность симптомов, таких как боль и дискомфорт в области живота, но и способствует ускорению процесса восстановления организма после обострений. Физическая активность активизирует обменные процессы, улучшает кровообращение и способствует нормализации функций желудочно-кишечного тракта [10].

Однако следует подчеркнуть, что физическая активность должна быть строго дозированной и умеренной. Необходимо учитывать индивидуальные особенности пациента, стадию заболевания и общее состояние здоровья. Перед началом занятий лечебной физкультурой обязательно требуется консультация лечащего врача, который сможет определить оптимальный уровень нагрузки и рекомендовать подходящие упражнения.

Правильно подобранные физические упражнения могут значительно улучшить качество жизни пациента с язвенной болезнью. Регулярная физическая активность не только способствует укреплению мышечного корсета и повышению выносливости, но и помогает снизить уровень стресса, что также имеет немаловажное значение для пациентов с данной патологией. Кроме того, занятия лечебной физкультурой могут предотвратить повторные обострения заболевания, так как способствуют улучшению общего состояния организма и повышению его адаптивных возможностей.

Важным аспектом является также создание комфортной и безопасной среды для занятий. Это включает в себя правильный выбор места для тренировок, соблюдение режима и последовательности выполнения упражнений. В результате комплексного подхода, включающего лечебную физкультуру, пациенты могут достичь значительных улучшений в своем состоянии, что в конечном итоге ведет к повышению их жизненного тонуса и активности.

References

1. Бондарь Татьяна Викторовна Клинико-физиологическое обоснование применения лечебной физической культуры в реабилитации больных язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. 2010. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kliniko-fiziologicheskoe-obosnovanie-primeneniya-lechebnoy-fizicheskoy-kultury-v-reabilitatsii-bolnyh-yazvennoy-boleznyu-zheludka-i>
2. Ямукова Карина Николаевна Лечебная физкультура // Вопросы науки и образования. 2019. №1 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lechebnaya-fizkultura>
3. Физическая реабилитация при язвенной болезни желудка - «Московский Доктор» <https://moskovskiy-doktor.rf/новости/гастроэнтерология/гастроэнтерология/физическая-реабилитация-при-язвенной-болезни-желудка>
4. Пономарева В. Б. Особенности физической реабилитации на санаторном этапе женщин и мужчин в возрасте от 40 до 50 лет с язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки в условиях санатория Ижминводы // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2009. №4 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-fizicheskoy-reabilitatsii-na-sanatornom-etape-zhenschin-i-muzhchin-v-vozraste-ot-40-do-50-let-s-yazvennoy-boleznyu-zheludka-i>
5. Упражнения при заболеваниях органов пищеварения | Главный портал МПГУ <https://mpgu.su/obrazovanie/distancionnoe-obuchenie/elektivnye-kursy-po-fizicheskoy-kulture-i-sportu/uprazhneniya-pri-zabolevaniyah-pishhevarenija/>
6. Усенко А. Л., Папушин О. Н., Чистякова Т. Н. Особенности лечения язвенной болезни двенадцатиперстной кишки и дорсопатии // Главврач Юга России. 2006. №4 (8). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-lecheniya-yazvennoy-bolezni-dvenadtsatiperstnoy-kishki-i-dorsopatii>
7. Воробьева В. А., Сорокин А. В., Митрошина Л. А. Новые подходы к реабилитации подростков с заболеваниями органов пищеварения в условиях детской поликлиники //

Медицинский альманах. 2008. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-podhody-k-reabilitatsii-podrostkov-s-zabolevaniyami-organov-pischevareniya-v-usloviyah-detskoy-polikliniki>

8. В. В. Бедин, М. В. Краснова, Н. С. Ханченков Актуальность проблемы долечивания больных после операций по поводу язвенной болезни желудка, двенадцатиперстной кишки и удаления желчного пузыря // МвК. 2004. №2 спецвыпуск. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-problemy-dolechivaniya-bolnyh-posle-operatsiy-po-povodu-yazvennoy-bolezni-zheludka-dvenadtsatiperstnoy-kishki-i-udaleniya>

9. Лозовой Александр Александрович, Лозовая Марина Александровна, Люлина Наталья Владимировна ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НА ЗАНЯТИЯХ У СТУДЕНТОВ С ПРОБЛЕМАМИ ЖЕЛУДОЧНОКИШЕЧНОГО ТРАКТА // Образование и право. 2025. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-lechebnoy-fizicheskoy-kultury-na-zanyatiyah-u-studentov-s-problemami-zheludochnokishechnogo-trakta>

10. Исламова Елена Александровна, Липатова Татьяна Евгеньевна Клинико-морфологические особенности язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки у мужчин и женщин // Саратовский научно-медицинский журнал. 2010. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kliniko-morfologicheskie-osobennosti-yazvennoy-bolezni-zheludka-i-dvenadtsatiperstnoy-kishki-u-muzhchin-i-zhenshin>

REVIEWS AND ANALYSIS

UDC 001.89

Konovalov I.M. Horizons of New Science: Synergy of Disciplines and Transformation of Research Ecosystems

Горизонты новой науки: синергия дисциплин и трансформация научно-исследовательских экосистем

Konovalov Ivan Mikhailovich

4th year bachelor from SUAI,
St. Petersburg

Scientific supervisor: **Epifantsev Kirill Valerievich**

Associate Professor, Candidate of Sciences tech. Sciences, Associate Professor
State University of Aerospace Instrumentation,
St. Petersburg

Коновалов Иван Михайлович
бакалавр 4 курса ГУАП,
г. Санкт-Петербург

Научный руководитель: Епифанцев Кирилл Валерьевич
Доцент, канд. техн. наук, доцент

Государственный Университет Аэрокосмического Приборостроения,
Г.Санкт-Петербург

Abstract. This paper examines the processes of the formation of a "New Science", characterized by the rapid blurring of boundaries between traditional scientific disciplines and the transformation of research ecosystems. The transition from disciplinary isolation to interdisciplinary integration is analyzed, where the synergy of various fields of knowledge becomes the basis for generating new understanding.

Keywords: New Science, synergy of disciplines, epistemology, interdisciplinarity, neuroeconomics.

Аннотация. В настоящей работе исследуются процессы формирования «Новой Науки», характеризующиеся стремительным размытием границ между традиционными научными дисциплинами и трансформацией научно-исследовательских экосистем. Анализируется переход от дисциплинарной изоляции к междисциплинарной интеграции, где синергия различных областей знания становится основой для генерации нового понимания.

Ключевые слова: Новая Наука, синергия дисциплин, эпистемология, междисциплинарность, нейроэкономика.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

В условиях экспоненциального роста объемов данных и стремительного развития вычислительных технологий, границы между традиционными научными дисциплинами размываются беспрецедентными темпами. Происходит не просто междисциплинарный

обмен, а формирование принципиально новых научно-исследовательских экосистем, где традиционная академическая структура всё чаще выступает скорее административной условностью, чем реальным отражением научного поиска.

Мы живем в эпоху, когда границы между научными дисциплинами размываются с такой скоростью, что традиционная академическая структура едва поспевает осмыслить происходящее. Физики обращаются к методам социологии. Биологи используют алгоритмы машинного обучения. Математики исследуют нейронные сети человеческого мозга. Что это – хаос или закономерный этап развития науки? Возможно, мы стоим на пороге фундаментального переосмысления того, как вообще организуется научное познание.

Впрочем, сама идея междисциплинарности не нова. Еще в середине XX века Людвиг фон Берталанфи заложил основы общей теории систем, предложив универсальный язык для описания явлений разной природы. Однако то, что происходит сегодня, качественно отличается от прежних попыток наведения мостов между дисциплинами. Речь идет не просто о заимствовании методов или обмене данными – речь о формировании принципиально новых исследовательских экосистем, где традиционное деление на «физику», «биологию» или «социологию» становится скорее административной условностью, нежели отражением реальной структуры научного поиска.

Проследим эту трансформацию на конкретном примере. В 2023 году в Сколковском институте науки и технологий был запущен проект по изучению городских экосистем Москвы, объединивший специалистов одиннадцати направлений – от экологов и урбанистов до специалистов по обработке больших данных и социальных психологов. Задача выглядела на первый взгляд достаточно традиционной: оценить влияние зеленых зон на качество жизни горожан. Но уже на этапе постановки вопроса стало очевидно: ни одна из дисциплин в отдельности не способна охватить проблему целиком. Экологи могут измерить концентрацию загрязнителей и биоразнообразие. Урбанисты – проанализировать пространственную доступность парков. Социологи – оценить субъективное восприятие горожанами качества среды. Но как связать эти разнородные данные в единую картину? Здесь на сцену выходят специалисты по машинному обучению, создающие модели интеграции разнотипной информации, и нейробиологи, изучающие физиологические реакции людей на городскую среду.

Трансформация научно-исследовательских экосистем не сводится только к организационным вопросам. Меняется сама эпистемология научного знания – то, как мы определяем, что считать достоверным результатом, как проверяем гипотезы, какие критерии применяем для оценки качества исследования. Традиционная модель

научного метода, восходящая к Декарту и Бэкону, предполагала линейное движение от наблюдения через гипотезу к эксперименту и выводам. Современная междисциплинарная наука функционирует иначе. Здесь постоянно происходит челночное движение между различными уровнями анализа, методами, теоретическими рамками.

Возьмем для примера исследования в области нейроэкономики – дисциплины, возникшей на стыке нейробиологии, психологии и экономической теории. Изначально экономисты моделировали человеческое поведение исходя из постулата рациональности: человек якобы всегда принимает решения, максимизирующие его полезность. Психологи давно указывали на множественные систематические отклонения от этой идеальной модели. Нейробиологи добавили третье измерение, показав, что различные типы решений активируют разные области мозга, причем некоторые решения принимаются на уровне, недоступном сознательному контролю. Это не просто уточнение экономической модели – это пересмотр базовых представлений о природе человеческого выбора. Модель «рационального агента» оказывается не столько неверной, сколько слишком узкой – описывающей лишь один из режимов функционирования когнитивной системы.

Здесь стоит сделать оговорку. Энтузиазм по поводу междисциплинарности иногда порождает иллюзию, что традиционные дисциплинарные границы вообще утратили смысл. Это не так. Глубокая экспертиза в конкретной области остается незаменимой – но теперь она должна дополняться способностью встраивать свои результаты в более широкий контекст. Согласно анализу Кузнецова, выполненному на основе данных о публикационной активности российских ученых за 2020-2024 годы, наиболее цитируемыми оказываются работы, сочетающие узкую специализацию с междисциплинарными выходами. Иными словами, успешная современная наука – это не отказ от дисциплинарной глубины в пользу широты, а их органичное сочетание.

Организационная трансформация научных институтов отражает эти изменения, но с заметным временным лагом. Университеты и исследовательские центры в России по-прежнему структурированы преимущественно по дисциплинарному принципу: есть физический факультет, биологический, исторический. Междисциплинарные центры и лаборатории существуют скорее как надстройка над этой базовой структурой, часто испытывая трудности с бюджетированием, подбором кадров, определением критериев оценки результатов. Впрочем, ситуация постепенно меняется. В рамках программы «Приоритет-2030», начиная с 2021 года, значительная часть финансирования распределяется именно под междисциплинарные проекты, что стимулирует университеты пересматривать внутреннюю организацию.

Практика, однако, демонстрирует иное: административные барьеры оказываются зачастую более значимым препятствием для междисциплинарного сотрудничества, чем концептуальные различия между науками. Исследователь, работающий на стыке дисциплин, сталкивается с вопросами: в каком журнале публиковать результаты? К какой специальности по номенклатуре ВАК относить диссертацию? Как защищать проект перед экспертами, половина которых не владеет понятийным аппаратом «чужой» дисциплины? Эти вопросы кажутся техническими, но именно они нередко определяют, состоится междисциплинарное исследование или нет.

Показательна в этом смысле судьба биоинформатики в российской науке. Это направление, изначально возникшее на стыке молекулярной биологии и информатики в начале 2000-х годов, долго не имело собственного институционального статуса. Специалисты числились то на биологических, то на математических кафедрах, публиковались в журналах обеих областей, но ни в одной не ощущали себя полностью «своими». Ситуация начала меняться только после 2015 года, когда несколько ведущих университетов открыли специализированные магистерские программы по биоинформатике, а РНФ и РФФИ стали выделять отдельные конкурсы под биоинформационные проекты. Теперь можно говорить о биоинформатике как о вполне легитимной научной дисциплине со своими журналами, конференциями, образовательными стандартами. Парадоксально, но для успешного развития междисциплинарности потребовалось... создать новую дисциплину.

Другой аспект трансформации научных экосистем связан с изменением роли данных. Если классическая наука Нового времени строилась на экспериментах, которые исследователь планировал и проводил специально для проверки конкретной гипотезы, то сейчас все чаще исследование начинается с уже существующих массивов данных. Геномные базы данных. Спутниковые снимки. Записи социальных сетей. Данные сенсоров «умных» устройств. Этот сдвиг – от гипотезы к данным – меняет саму логику научного поиска. Анализ больших данных часто выявляет корреляции и закономерности, которые не вытекают ни из одной существующей теории. Что делать с такими результатами? Считать ли их полноценным научным знанием или лишь стимулом для дальнейшего теоретического осмысления?

Можно заметить еще одну важную тенденцию – размывание границы между фундаментальной и прикладной наукой. Традиционно считалось, что фундаментальное исследование направлено на получение нового знания безотносительно к практическому применению, а прикладное – на решение конкретных задач. В современной научной экосистеме это различие становится все более условным. Исследование квантовых эффектов в полупроводниках – фундаментальная физика или

разработка технологии квантовых компьютеров? Изучение механизмов межнейронной передачи сигналов – нейробиология или основа для создания нейроинтерфейсов? Анализ эволюции вирусных геномов – эволюционная биология или база для разработки вакцин?

Впрочем, эта тревога справедлива не для всех случаев. Существуют области, где сохраняется классическое разделение между фундаментальным поиском и приложениями. Космология, теоретическая математика, значительная часть исторических исследований – все это остается преимущественно в зоне фундаментального познания. Речь идет не столько об исчезновении фундаментальной науки, сколько о появлении нового гибридного формата, где познание и конструирование идут рука об руку.

Если попытаться обобщить происходящие изменения, можно выделить несколько ключевых векторов трансформации научно-исследовательских экосистем. Во-первых, движение от дисциплинарной изоляции к междисциплинарной интеграции, причем не только на уровне методов, но и на уровне теоретических рамок и эпистемологических стандартов. Во-вторых, рост значения данных как отправной точки исследования, что меняет саму логику научного поиска. В-третьих, размывание границы между фундаментальным и прикладным, познанием и конструированием. В-четвертых, трансформация способов коммуникации и оценки научных результатов. Каждый из этих векторов порождает как новые возможности, так и новые вызовы.

Что все это означает для будущего науки? Однозначного ответа здесь нет. Можно предположить, что традиционная дисциплинарная структура не исчезнет полностью – она будет сосуществовать с новыми формами организации исследований, выполняя функцию сохранения и трансляции специализированного знания. Можно ожидать дальнейшего роста междисциплинарных и трансдисциплинарных проектов, особенно в тех областях, где стоят комплексные проблемы, не редуцируемые к задачам одной дисциплины. Можно предвидеть усиление роли вычислительных методов и искусственного интеллекта как универсальных инструментов анализа данных. Но все эти прогнозы имеют высокую степень неопределенности – темпы научно-технологического развития таковы, что горизонт предсказуемости сжался до нескольких лет.

Пожалуй, самое важное заключается в том, что мы переживаем не просто очередную научную революцию в смысле Куна – смену господствующей парадигмы в той или иной области знания. Речь идет о более глубокой трансформации: меняется сама структура производства научного знания, институциональные формы организации науки, способы ее взаимодействия с обществом и технологиями. Новая наука – это не

столько набор новых открытий, сколько новый способ познания мира, где синергия дисциплин и трансформация исследовательских экосистем становятся не побочным эффектом, а сущностной характеристикой научного процесса. И в этом смысле горизонты, которые открываются перед нами, действительно новые – не как продолжение прежних траекторий, а как выход в иное измерение научного поиска.

References

1. Приоритет-2030: программа стратегического академического лидерства. Итоги 2021–2024 гг. / Министерство науки и высшего образования РФ. — М. : Министерство науки и высшего образования РФ, 2024. — 156 с.
2. Российский статистический ежегодник. 2024 : стат. сб. / Росстат. — М. : Росстат, 2024. — 633 с.
3. Степин, В. С. Философия науки и техники / В. С. Степин. — М. : Фирма «Гардарика», 1996. — 399 с.
4. Шадриков, В. Д. Общая психология : учебник для вузов / В. Д. Шадриков, В. А. Мазиллов. — М. : Издательство Юрайт, 2026. — 411 с.

SCIENTIFIC METHODS AND TECHNOLOGIES

UDC 004.056

Zaripova R.M. Formation of a qualitative LLM security risk assessment model based on experimental research

Формирование качественной модели оценки риска угроз безопасности LLM на основе
экспериментального исследования

Zaripova Rayana Maratovna,

student,

Kazan (Volga Region) Federal University, Institute of Physics, Kazan

Supervisor: **Panishchev O. Yu.,**

Senior Lecturer, PhD in Physics and Mathematics

Зарипова Раяна Маратовна,

студентка

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» институт физики, город

Казань

Научный руководитель: Панищев О.Ю.,

старший преподаватель, к.ф.-м.н.

Abstract. This article describes the development of a qualitative risk assessment model for large language models. Key risk factors are identified using two series of controlled experiments (Data Poisoning on the DistilGPT-2 model and Prompt Injection on five LLMs: GPT-4, Gemini Pro, YandexGPT, GigaChat, and DistilGPT-2). The proposed model includes five criteria: impact scale, stealth, entry point, reversibility, and potential damage. The model enables comparative threat assessment and justification of protective measures priorities. The results are compared with the OWASP Top 10 for LLMs and the requirements of the EU AI Act. The resulting model serves as a basis for further quantitative operationalization and the development of practical recommendations for ensuring the security of LLM systems.

Keywords: large language models, AI security, qualitative risk model, data poisoning, prompt injection, OWASP Top 10, EU AI Act.

Аннотация. В статье описан процесс формирования авторской качественной модели оценки риска угроз безопасности больших языковых моделей. На основе двух серий контролируемых экспериментов (Data Poisoning на модели DistilGPT-2 и Prompt Injection на пяти LLM: GPT-4, Gemini Pro, YandexGPT, GigaChat, DistilGPT-2) выявлены ключевые факторы риска. Предложенная модель включает пять критериев: масштаб воздействия, скрытность, точку входа, обратимость и потенциальный ущерб. Модель позволяет проводить сравнительную оценку угроз и обосновывать приоритеты защитных мер. Результаты сопоставлены с OWASP Top 10 for LLM и требованиями EU AI Act. Полученная модель служит основой для дальнейшей количественной операционализации и разработки практических рекомендаций по обеспечению безопасности LLM-систем.

Ключевые слова: большие языковые модели, безопасность ИИ, качественная модель риска, data poisoning, prompt injection, OWASP Top 10, EU AI Act.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.

Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Введение

Современные большие языковые модели (LLM) подвержены широкому спектру угроз безопасности, среди которых особое место занимают Data Poisoning и Prompt Injection. Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых отдельным атакам, остаётся дефицит системных подходов к оценке и приоритизации рисков. Большинство существующих фреймворков (OWASP Top 10 for LLM [1], NIST AI RMF [2], MITRE ATLAS [3]) носят общий характер и не всегда учитывают специфику конкретных угроз в контексте жизненного цикла модели.

Цель настоящей работы — сформировать качественную модель оценки риска угроз безопасности LLM на основе результатов собственного экспериментального исследования.

Задачи:

1. Провести экспериментальное исследование атак Data Poisoning и Prompt Injection.
2. Выявить ключевые факторы риска на основе анализа экспериментальных данных.
3. Разработать качественную многокритериальную модель оценки риска.
4. Сопоставить модель с существующими фреймворками и регуляторными требованиями.

1. Методология экспериментального исследования

1.1. Эксперимент с Data Poisoning

Моделирование атаки проводилось на открытой модели DistilGPT-2 (82 млн параметров). Обучающая выборка составляла 8000 примеров (70% синтетические данные, 30% — реальные диалоги из датасета knkarthick/dialogsum). В 25% примеров внедрялись скрытые триггеры и вредоносные целевые ответы (утечка учётных данных, API-ключей, команд обхода). Обе модели (чистая и отравленная) обучались в идентичных условиях.

1.2. Эксперимент с Prompt Injection

Тестировалась устойчивость пяти моделей (GPT-4, Gemini Pro, YandexGPT, GigaChat, DistilGPT-2) к 27 атакующим промптам, охватывающим основные техники (Direct Injection, Multi-step, Role-playing, Encoding, Jailbreak Templates). Всего выполнено 135 тестовых запросов.

1.3. Метрики и анализ

Использовались Accuracy, Success Rate, Precision, Recall, F1-score, анализ ложных срабатываний, а также бутстреп-оценка статистической значимости.

2. Результаты экспериментов

Data Poisoning. Атака привела к статистически значимому снижению Accuracy с 86% до 51% (разность –35 п.п., 95% ДИ [–39%; –31%]). Выявлен backdoor-эффект: модель устойчиво воспроизводила вредоносные ответы при предъявлении триггеров. Атака характеризуется высоким масштабом, высокой скрытностью и низкой обратимостью.

Prompt Injection. Средний Success Rate составил 28% с вариацией от 9% (GPT-4) до 54% (DistilGPT-2). Наиболее эффективными оказались прямые инъекции (45%). Атака носит локальный, операционный характер с относительно высокой обратимостью.

3. Формирование качественной модели оценки риска

Анализ экспериментальных данных позволил выявить повторяющиеся характеристики атак, оказывающие наибольшее влияние на их успешность. На этой основе была сформирована качественная многокритериальная модель, включающая пять факторов:

1. **Масштаб воздействия** — степень распространения эффекта атаки.
2. **Скрытность** — сложность обнаружения атаки стандартными средствами.
3. **Точка входа** — этап жизненного цикла модели (обучение или эксплуатация).
4. **Обратимость** — возможность устранения последствий без полного переобучения.
5. **Потенциальный ущерб** — влияние на функциональность, конфиденциальность и целостность системы.

Каждому фактору присваивается уровень (низкий, средний, высокий) на основе экспертной интерпретации экспериментальных результатов.

Таблица 1

Шкала оценки критериев аналитической модели

Уровень	Масштаб	Скрытность	Обратимость	Ущерб
Низкий	Эффект редкий (<10% случаев)	Атака легко обнаруживается	Устраняется без переобучения	Незначительное влияние
Средний	Эффект отдельных сценариях (10 - 50% случаев)	Часто детектируется	Требуется частичных изменений	Умеренное влияние
Высокий	Эффект массовый (>50% случаев)	Неочевидна, трудно обнаружить	Требуется полного переобучения	Существенное ухудшение

Таблица 2

Пример применения модели к исследуемым угрозам

Угроза	Масштаб	Скрытность	Точка входа	Обратимость	Потенциальный ущерб (домены)
LLM04	Высокий	Высокая	Обучение	Низкая (требуется переобучения)	Высокий
LLM01	Средний	Средняя	Эксплуатация (в т.ч. RAG)	Средняя (частично обратима)	Средний

Применение модели позволяет сформулировать следующие качественные выводы:

1. Data Poisoning в рамках данной шкалы характеризуется как системная угроза (высокий масштаб, высокая скрытность, низкая обратимость);
2. Prompt Injection – как операционная угроза (средний масштаб, средняя скрытность, средняя обратимость).

4. Сопоставление с существующими подходами

Предложенная модель дополняет OWASP Top 10 for LLM [1], NIST AI RMF [2] и MITRE ATLAS [3], добавляя акцент на обратимости и скрытности последствий. Она также позволяет интерпретировать угрозы в контексте требований EU AI Act [4] (ст. 9 — управление рисками, ст. 10 — качество данных, ст. 15 — кибербезопасность).

Заключение

В работе сформирована качественная модель оценки риска угроз безопасности LLM на основе результатов экспериментального исследования. Модель позволяет системно анализировать и приоритизировать угрозы, обосновывать выбор защитных мер и обеспечивать соответствие регуляторным требованиям. Полученные результаты закладывают основу для дальнейшей количественной операционализации модели и разработки практических инструментов защиты LLM-систем.

References

1. OWASP Foundation. OWASP Top 10 for Large Language Model Applications [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://owasp.org/www-project-top-10-for-large-language-model-applications/>
2. NIST. Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0) [Электронный ресурс]. National Institute of Standards and Technology, 2023. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/NIST.AI.100-1.pdf>

3. MITRE. ATLAS: Adversarial Threat Landscape for AI Systems. Technique: LLM Prompt Injection [Электронный ресурс]. 2023.
URL: <https://atlas.mitre.org/techniques/AML.T0015/>

4. European Parliament. Regulation (EU) 2024/... of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) // Official Journal of the European Union. 2024.

UDC 004.8

Yakushina Y.M. Cognitive risks of using generative artificial intelligence

Когнитивные риски использования генеративного искусственного интеллекта

Yakushina Yulia Mikhailovna,

postgraduate Student

State Academic University for the Humanities (GAUGN), Moscow, Russia

Якушина Юлия Михайловна,

аспирант

Государственный академический университет гуманитарных наук (ГАУГН)

Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена когнитивным рискам использования генеративного искусственного интеллекта. Уделяется внимание тому, как искусственный интеллект влияет на когнитивные процессы различного рода. Рассматривается последствие внедрения искусственного интеллекта, которое заключается в феномене «когнитивной разгрузки». Основное внимание в статье уделено таким когнитивным рискам как иллюзия понимания, снижение критичности, автоматизация усилий, зависимость от шаблонов, фиксация на вариантах, предложенных искусственным интеллектом, а также утрата навыков самостоятельно формулировать проблему. В статье приведено несколько примеров того, какое влияние оказывает искусственный интеллект на работу в различных областях (медицина, маркетинговая деятельность, автомобильная промышленность). В завершении статьи даны рекомендации и правила, которые следует соблюдать, чтобы избежать ошибок при работе с искусственным интеллектом.

Ключевые слова: искусственный интеллект, когнитивный риск, когнитивная разгрузка, иллюзия понимания, критичность, автоматизация усилий.

Abstract. This article examines the cognitive risks of using generative artificial intelligence. It focuses on how artificial intelligence impacts various cognitive processes. It examines the phenomenon of "cognitive offloading," a consequence of implementing artificial intelligence. The article focuses on cognitive risks such as the illusion of understanding, decreased criticality, effort automation, reliance on templates, fixation on solutions proposed by artificial intelligence, and the loss of the ability to independently formulate problems. The article provides several examples of how artificial intelligence impacts work in various fields (medicine, marketing, and the automotive industry). The article concludes with recommendations and guidelines to avoid mistakes when working with artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence, cognitive risk, cognitive offloading, illusion of understanding, criticality, effort automation.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович - кандидат технических наук, доцент.
Заместитель директора, главный научный сотрудник. ООО «Научно-исследовательский проектный институт «Промышленное и гражданское строительство»

Влияние искусственного интеллекта на нашу жизнь неоспоримо: он облегчает решение сложных задач, повышает качество жизни и оптимизирует различные процессы. Тем не менее, несмотря на все свои достоинства, применение ИИ сопряжено с определенными опасностями. К одной из таких угроз относятся когнитивные

искажения – системные отклонения в процессе мышления, способные исказить наше восприятие и использование технологических новинок.

Сегодня искусственный интеллект прочно вошел в сферу финансовых технологий: ведущие банки активно интегрируют его в процессы кредитного скоринга, обслуживания клиентов и борьбы с мошенничеством, а IT-специалисты – в разработку и тестирование. Однако вместе с повышением эффективности возрастает и вероятность снижения когнитивной нагрузки на человека, что, в свою очередь, может привести к деградации его интеллектуальных способностей [4; 5].

Искусственный интеллект перестал быть футуристической концепцией и превратился в неотъемлемый инструмент как для профессионалов – разработчиков и аналитиков, так и для обычных пользователей. Крупные финансовые учреждения внедряют ИИ в кредитный скоринг, клиентский сервис и системы противодействия мошенничеству, IT-отделы используют его в разработке и тестировании, а рядовые потребители – для принятия повседневных и рабочих решений. Параллельно с ростом производительности проявляется еще неочевидный, но системный эффект: постепенное снижение умственной нагрузки на человека и, как следствие, ослабление его когнитивных функций.

Одним из главных последствий внедрения искусственного интеллекта становится феномен «когнитивной разгрузки». Он заключается в перепоручении человеком части своих мыслительных процессов внешним технологиям, что уменьшает нагрузку на собственную память и интеллект. Подобные тенденции, хотя и в меньшей степени, наблюдались и до повсеместного распространения ИИ, например, при использовании поисковых систем и смартфонов. Характерным примером является «эффект Google», когда простой доступ к информации через интернет уменьшает потребность людей запоминать ее.

Современные генеративные ИИ-системы идут намного дальше, позволяя пользователям полностью избегать сложного мыслительного процесса, традиционно необходимого для решения задач. Если поисковые системы облегчали поиск данных, то ИИ способен самостоятельно генерировать, анализировать и предоставлять информацию в уже обработанном виде, исключая необходимость значительных умственных усилий. В профессиональной сфере это выражается в том, что аналитики чаще полагаются на предложения ИИ при формировании гипотез, а разработчики уделяют меньше внимания детальному пониманию кода благодаря автогенерации. Руководители же принимают управленческие решения, основываясь на сводных рекомендациях ИИ, не вдаваясь в подробности и тонкости лежащих в их основе факторов.

ИИ влияет на когнитивные процессы следующим образом:

1. С помощью эффекта «убедительного красноречия»

Обучение генеративных моделей направлено на достижение безупречной грамматики, логической связности и убедительности в их ответах. Однако это может парадоксальным образом привести к тому, что пользователи будут склонны принимать недостоверную информацию, полагаясь на внешний вид и уверенность изложения. Вместо того чтобы анализировать фактическую корректность, люди зачастую ориентируются на гладкость и естественность текста, что порождает безоговорочное доверие к информации, сгенерированной искусственным интеллектом, — явление, известное как "галлюцинации ИИ".

2. Атрофии поискового мышления

В прошлом для разрешения задач необходимо было анализировать разнообразные сведения, сверять данные и определять ключевые моменты. Автоматизация мыслительных процессов исключает эту стадию. Вследствие этого наблюдается ухудшение навыка самостоятельного определения проблемы: люди утрачивают способность изначально формулировать задачу

3. Когнитивного конформизма

Когда искусственный интеллект предоставляет готовые ответы, активируется принцип минимизации умственных усилий. Это приводит к тому, что пользователи начинают останавливаться на предложенных ИИ вариантах. Вместо того чтобы искать новые, нешаблонные решения, человек лишь незначительно корректирует сгенерированный результат. Такой подход тормозит развитие творческого мышления и способствует интеллектуальному унифицированию.

Когнитивные искажения могут сильно влиять на наше восприятие и использование ИИ. Рассмотрим два главных заблуждения:

1. Переоценка возможностей ИИ.

Широко распространено заблуждение, будто искусственный интеллект (ИИ) способен решать абсолютно любые задачи. Если ИИ продемонстрировал выдающиеся результаты в одной области, возникает тенденция полагать, что он так же преуспеет и в совершенно других, зачастую несвязанных областях. Подобное восприятие может порождать необоснованные ожидания и, как следствие, приводить к неоптимальным решениям.

Проиллюстрируем это примером: представьте себе робота, демонстрирующего виртуозную игру в шахматы на уровне гроссмейстера. Вполне естественно возникнет мысль, что этот же механизм способен справиться с диагностикой сложных заболеваний или автономным вождением. Однако, реальность такова, что ИИ, как

правило, обладает компетенциями, ограниченными теми задачами и сценариями, на которых он был специально обучен.

Научные данные подтверждают, что подобные завышенные ожидания могут стать причиной значительных промахов. В публикации IEEE Spectrum приводится пример, когда публика проявляла сочувствие к роботу Boston Dynamics, подвергающемуся ударам в демонстрационном ролике. Это явление, известное как антропоморфизм, подчеркивает склонность человека наделять ИИ человеческими чертами.

Хотя такое восприятие может казаться безобидным, оно таит в себе потенциал для формирования нереалистичных представлений и, в конечном итоге, для принятия ошибочных решений.

2. Необоснованный скептицизм.

Несмотря на практическую ценность искусственного интеллекта, люди порой испытывают недоверие к его возможностям, даже когда они очевидны. К примеру, в сфере здравоохранения отказ от наставлений ИИ из-за опасения ошибок может обернуться упущением ценных сведений. Медицинские работники могут пренебрегать предложенной ИИ диагностикой, опасаясь некорректной работы технологии.

Тем не менее, синергия врачебного опыта и потенциала ИИ способна существенно повысить точность постановки диагнозов и планирования лечения. Согласно публикации в Scientific Reports, подобные ожидания могут парадоксальным образом привести к чрезмерному доверию к ИИ, что, в свою очередь, провоцирует ошибочные суждения. Имеются данные, свидетельствующие о том, что в ряде ситуаций ИИ демонстрирует более высокую точность и надежность по сравнению с субъективной оценкой человека [3, с. 147].

В одном из исследований, описанных в упомянутом отчете, врачи, безоговорочно следовавшие рекомендациям ИИ, чаще допускали ошибки, что говорит о снижении уровня критического мышления. Крайности в восприятии искусственного интеллекта – как переоценка, так и необоснованный скептицизм – способны оказывать существенное влияние на наши мыслительные процессы и выбор.

Признание ограничений ИИ и понимание того, что он не является панацеей, имеет ключевое значение. В то же время, ИИ представляет собой ценный инструмент, способный многократно увеличить продуктивность нашей деятельности. Основные вызовы включают:

1. Снижение критического подхода.
2. Иллюзорное ощущение понимания.
3. Автоматизация мыслительных процессов.
4. Чрезмерная зависимость от предложенных формулировок.

5. Фиксация на вариантах, предложенных ИИ.
6. Уменьшение способности к самостоятельному формулированию проблем.
7. Принятие неверных ответов из-за доверия к форме представления информации [2, с. 470].

Использование генеративного искусственного интеллекта (ИИ) значительно ускоряет работу с информацией, но создает серьезные когнитивные риски, которые меняют способы человеческого мышления.

Когнитивные искажения могут привести к неэффективным решениям в использовании технологий. Рассмотрим несколько примеров из реальной жизни, которые иллюстрируют, как эти искажения могут возникать в различных областях.

Приведем несколько примеров из практики.

В области медицины в клинической практике искусственный интеллект (ИИ) применяется для интерпретации медицинских изображений, таких как рентгеновские снимки. Если медицинский работник чрезмерно полагается на заключение ИИ, есть риск упустить критически важные признаки заболевания, которые алгоритм не смог распознать. Это может повлечь за собой ошибочный диагноз и, как следствие, некорректное терапевтическое вмешательство.

В сфере маркетинга когнитивные искажения могут проявляться, когда маркетологи излишне доверяют ИИ-инструментам, используемым для создания контента и взаимодействия с потребителями. Специалист может полностью полагаться на автоматизированные тексты и графические материалы, пренебрегая проверкой их качества, достоверности и соответствия корпоративному стилю. Это чревато публикацией неточной или неуместной информации в социальных сетях, рекламных кампаниях и других коммуникационных каналах, что негативно сказывается на имидже компании и лояльности целевой аудитории.

В автомобильной индустрии когнитивные предубеждения могут способствовать возникновению ошибок при проектировании беспилотных транспортных средств. Например, инженеры могут переоценивать возможности ИИ, полагая, что он способен справиться с любыми дорожными условиями. Такой подход может привести к недостаточному объему испытаний и, как следствие, к дорожно-транспортным происшествиям [1, с. 113].

Приведенные примеры наглядно демонстрируют, как когнитивные искажения могут проявляться в разных отраслях, ведя к неоптимальным управленческим решениям. Важно осознавать, что ИИ обладает определенными ограничениями и не является панацеей от всех проблем, но при этом он может служить ценным инструментом, существенно повышающим эффективность рабочего процесса. В

дальнейшем мы представим конкретные рекомендации по преодолению этих искажений.

Для того чтобы избежать ошибок при работе с ИИ следует придерживаться следующих правил:

1. Следует проверять факты (галлицинации): ИИ генерирует правдоподобный текст, но может ошибаться в деталях или выдумывать факты. Всегда перепроверяйте цифры, даты, имена и ссылки.

2. Избегать слишком общих фраз. задавать контекст, указывайте роль для ИИ (например, «действуй как опытный маркетолог») и ограничивайте желаемый объем или формат ответа.

3. Разбивать задачи на части: не следует просить ИИ сделать всё разом. Сложную работу необходимо делить на 2–3 последовательных шага, постепенно уточняя детали.

4. Не нужно передавать конфиденциальные данные: не загружать в открытые нейросети пароли, коммерческие тайны, персональные данные клиентов или исходный код закрытых систем.

5. Важно использовать правило контроля: следует помнить, что ИИ выполняет рутину или черновую работу (около 70%), а окончательное решение, редактуру и ответственность всегда берет на себя человек (30%).

Таким образом, когнитивные искажения могут значительно влиять на наше восприятие и использование искусственного интеллекта. В этой статье мы рассмотрели основные заблуждения и ошибки мышления, такие как переоценка возможностей ИИ и необоснованный скептицизм, которые могут привести к неэффективным решениям.

References

1. Власова А. А., Шаматонова Г. Л. Генеративный искусственный интеллект и его влияние на развитие образовательных технологий // Антропоцентрические науки в образовании: вызовы, трансформации, ресурсы. Воронеж, 2024. С. 112–115.

2. Лукичёв П. М., Чекмарев О. П. Риски применения искусственного интеллекта в системе высшего образования // Вопросы инновационной экономики. 2024. Т. 14, № 2. С. 463–482. DOI: <https://doi.org/10.18334/vinec.14.2.120731>.

3. Малафеевская В. С. Технологии искусственного интеллекта в образовании: проблемы и перспективы // Современное социально-гуманитарное образование: проблемы и перспективы. Минск, 2024. С. 145–148.

4. Atmakuru, A., Shahini, A., Chakraborty, S., Seoni, S., Salvi, M., Hafeez-Baig, A., Tan, R.S., Barua, P.D., Molinari, F., Acharya, U.R. (2025). Artificial intelligence-based suicide

prevention and prediction: A systematic review (2019— 2023). Information Fusion, 114, Article 102673. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102673>

5. Saunders, M. (2025). «More or Less Conscious»: Consciousness to-day and to-morrow. Neuroethics, 18, Article 7. <https://doi.org/10.1007/s12152-024-09579-w>

STANDARDIZATION AND QUALITY

UDC 502.3:622.012

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Elnikova E.A., Dolbin I.D. **Environmental audit of mining operations at the Dukat deposit: assessment of environmental impacts and mitigation measures**

Экологический аудит горных работ Дукатского месторождения: оценка воздействия
на окружающую среду и пути минимизации

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Yelnikova Elena Aleksandrovna,

Senior Lecturer of the Department of ETS,
North-Eastern Federal University, Magadan.

Dolbin Ivan Dmitrievich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan

Арно Вероника Владимировна
Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-
Восточный государственный университет, г. Магадан

Колесниченко Ева Павловна,

Студентка 4 курса
направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»
ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Ельникова Елена Александровна,

Старший преподаватель кафедры ЭТиС
ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан

Долбин Иван Дмитриевич,

Студент 3 курса
Политехнический институт
ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет

Abstract. The paper develops an approach to environmental auditing of mining operations at the Dukat gold-silver deposit based on identifying impact sources, calculating environmental risks and selecting mitigation measures. The audit covers underground workings, waste-rock dumps, the processing plant, tailings facilities, industrial effluents and disturbed lands. A probability-consequence matrix was used to rank environmental aspects, while the effectiveness of measures was assessed through indicators of avoided pollutant mass, reduced water discharge and reduced disturbed-land area. The most significant risks are tailings dusting, filtration-related pollution of surface and groundwater, contamination from accidental petroleum-product spills, and land degradation. The proposed measures include transition to semi-dry tailings storage, closed water circulation, instrumental monitoring of hydraulic structures, dust suppression and phased reclamation. The work is

methodological; the calculations are examples for audit purposes and must be refined using production environmental control and laboratory analyses.

Keywords: environmental audit, Dukat deposit, tailings storage facility, mining waste, industrial effluents, reclamation, environmental risk, semi-dry tailings storage.

Аннотация. В статье разработан подход к экологическому аудиту горных работ Дукатского золотосеребряного месторождения, основанный на идентификации источников воздействия, расчётной оценке экологических рисков и выборе мероприятий по их минимизации. Объектами аудита приняты подземные горные выработки, отвалы пустых пород, обогатительная фабрика, хвостовое хозяйство, производственные стоки и нарушенные земли. Для ранжирования аспектов использована матрица «вероятность–последствие», а для оценки эффективности мероприятий – показатели предотвращённой массы загрязняющих веществ, сокращения водоотведения и снижения площади нарушенных земель. Наиболее значимыми признаны риски пыления хвостов, фильтрационного загрязнения поверхностных и подземных вод, загрязнения при аварийных разливах нефтепродуктов и деградации земель. Предложены переход к полусухому складированию хвостов, замкнутый водооборот, инструментальный мониторинг гидротехнических сооружений, пылеподавление и поэтапная рекультивация. Работа носит методический характер; приведённые расчёты являются примером аудиторской оценки и должны уточняться по результатам производственного экологического контроля и лабораторных анализов.

Ключевые слова: экологический аудит, Дукатское месторождение, хвостохранилище, горные отходы, производственные стоки, рекультивация, экологический риск, полусухое складирование хвостов.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Введение

Дукатское золотосеребряное месторождение расположено в Омсукчанском районе Магаданской области и разрабатывается подземным способом. Экологические аспекты его освоения связаны с размещением вскрышных и вмещающих пород, обращением с хвостами обогащения, водопотреблением и водоотведением, выбросами пыли и газов, а также нарушением земель. Для предприятий северо-востока России дополнительное значение имеют климатические факторы, сезонная неустойчивость водного режима и необходимость обеспечения долговременной безопасности хвостового хозяйства [1-3,6].

По опубликованным материалам для Омсукчанской ЗИФ хвосты обогащения размещались в хвостохранилищах, а в 2025 г. сообщалось о переходе предприятия к полусухому складированию хвостов с влажностью не более 20 %. Такой подход создаёт предпосылки для уменьшения площади хранения отходов и снижения экологических рисков. Цель исследования — сформировать программу экологического аудита, определить приоритетные воздействия и обосновать меры их минимизации [4,7].

Материалы и методы

Объекты и критерии аудита

В аудит включены: добычные участки и вентиляционные выбросы; отвалы и склады руды; фабрика и хвостовое хозяйство; системы оборотного и дренажного

водоснабжения; склады ГСМ; участки нарушенных земель. Проверка строится на данных производственного экологического контроля, результатах анализа воды, почв и атмосферного воздуха, журналах обращения с отходами, документах по рекультивации и материалах инструментального наблюдения за гидротехническими сооружениями [1-3,7].

Расчётные показатели

Интегральный риск экологического аспекта определяли как произведение вероятности события и тяжести последствия:

$$R_i = P_i \cdot S_i \quad (1)$$

где R_i — интегральный риск; P_i — вероятность возникновения воздействия, баллы; S_i — тяжесть экологического последствия, баллы. Массу сброса загрязняющего вещества рассчитывали по формуле:

$$M = C \cdot Q \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

где M — масса вещества, кг; C — концентрация, мг/л; Q — объём сточных вод, м³. Степень превышения норматива качества воды определяли как:

$$K_p = C_f / C_n \quad (3)$$

где K_p — коэффициент превышения; C_f — фактическая концентрация; C_n — установленный норматив или фоновое значение. Эффективность природоохранного мероприятия определяли как [4,7]:

$$\eta = (M_0 - M_1) / M_0 \cdot 100\% \quad (4)$$

где η — эффективность, %; M_0 и M_1 — масса загрязняющего вещества до и после внедрения мероприятия. Индекс нарушенности земель рассчитывали по формуле:

$$I_z = S_n / S_{\text{общ}} \cdot 100\% \quad (5)$$

где I_z — доля нарушенных земель, %; S_n — площадь нарушенных земель; $S_{\text{общ}}$ — площадь территории аудита.

Шкала приоритетов

Для ранжирования рисков применена пятибалльная шкала. Значения 16–25 отнесены к критическим и требуют первоочередных инженерных мероприятий; 9–15 — к высоким и подлежат включению в годовую программу экологического контроля; значения менее 9 оцениваются как контролируемые при проведении стандартных процедур [6-9].

Результаты

Идентификация воздействий

Для условий Дукатского месторождения выявлены пять приоритетных экологических аспектов. Наибольший риск связан с хвостовым хозяйством, поскольку хвосты являются источником возможного пыления и фильтрационного воздействия

[9,11-13]. Значимыми также являются производственные и дренажные воды, разливы нефтепродуктов на складах ГСМ и участках заправки, а также нарушение земель при размещении инфраструктуры и отвалов.

Таблица 1

Матрица экологических рисков

Экологический аспект	P_i	S_i	R_i	Приоритет	Контрольная мера
Пыление и фильтрация хвостов	4	5	20	Критический	Полусухое складирование, мониторинг
Сброс/утечка загрязнённых вод	4	4	16	Критический	Оборотная вода, очистка, анализы
Разлив нефтепродуктов	3	5	15	Высокий	Локализация, сорбенты, журналы
Пыление отвалов и дорог	4	3	12	Высокий	Орошение, укрытие, уборка
Нарушение земель	3	4	12	Высокий	Позапная рекультивация

Для иллюстрации рассмотрен условный контрольный створ дренажных вод с расходом $Q = 12\,000\text{ м}^3$ за период и концентрацией взвешенных веществ $C = 80\text{ мг/л}$. По формуле (2) масса взвешенных веществ составит $M = 80 \cdot 12\,000 \cdot 10^{-3} = 960\text{ кг}$. При целевом уровне $C_n = 30\text{ мг/л}$ коэффициент превышения $K_p = 80 / 30 = 2,67$. Следовательно, участок требует проверки работы отстойников, состояния водосборных канав и эффективности оборотного водоснабжения.

Если после модернизации очистки концентрация уменьшается до 25 мг/л , масса выноса составит 300 кг . По формуле (4) эффективность мероприятия $\eta = (960 - 300) / 960 \cdot 100 = 68,75\%$. Пример показывает, что аудиторская проверка должна оценивать не только наличие очистных сооружений, но и фактическое сокращение нагрузки на водный объект.

Оценка земель и хвостового хозяйства

Для условной площади аудита $S_{\text{общ}} = 1\,100\text{ га}$ и площади земель, нарушенных горными работами и инфраструктурой, $S_n = 165\text{ га}$ индекс нарушенности I_z составит 15% . При ежегодной технической рекультивации 12 га и биологической рекультивации 8 га возможно поэтапное сокращение остаточной площади нарушений. Порядок работ должен предусматривать планировку поверхности, устройство дренажа, нанесение потенциально плодородного слоя при наличии и подбор устойчивых местных видов растений [9, 12-13]

Переход Омсукчанской ЗИФ на полусухое складирование хвостов заявлен как экологический проект, предполагающий хранение отходов с влажностью до 20 % и использование площадок ликвидированных хвостохранилищ. В аудиторской программе такая мера должна сопровождаться контролем влажности хвостов, устойчивости складировемого массива, пылеподавления, качества дренажных вод и состояния ограждающих сооружений.

Обсуждение

Экологический аудит для горного предприятия должен быть направлен не только на проверку формального соответствия разрешительной документации, но и на анализ фактических потоков вещества и энергии. В условиях Дуката приоритет целесообразно отдавать хвостовому хозяйству и водному балансу, поскольку именно эти элементы формируют долгосрочные риски для водных экосистем и земель. Переход к полусухому складированию перспективен, но не отменяет необходимости контроля пыления и фильтрации, особенно при сезонных колебаниях температуры и влажности.

Рекомендуется внедрить цифровой реестр экологических аспектов с привязкой объектов к координатам, результатам лабораторного контроля и планам реагирования. Для критических объектов необходимы: ежемесячный анализ вод в контрольных створах, сезонный мониторинг пыли, контроль баланса оборотной воды, инструментальное наблюдение за деформациями и уровнем фильтрационных вод, а также учёт нарушенных и рекультивированных земель. При превышении пороговых значений программа аудита должна автоматически предусматривать внеплановую проверку и корректирующие мероприятия [1-3,7].

Ограничением работы является отсутствие в открытом доступе полного набора фактических производственных данных по концентрациям загрязняющих веществ, объёмам сбросов и площади земель на конкретную дату. Поэтому численные примеры в статье являются демонстрационными и не должны интерпретироваться как результаты официального производственного экологического контроля предприятия [6,9].

Выводы

1. Приоритетными объектами экологического аудита Дукатского месторождения являются хвостовое хозяйство, производственные и дренажные воды, склады ГСМ, отвалы и нарушенные земли.

2. По результатам матрицы рисков критические значения имеют пыление и фильтрационное воздействие хвостов ($R_i = 20$) и риск загрязнения вод ($R_i = 16$); эти аспекты требуют первоочередного инструментального и лабораторного контроля.

3. Переход к полусухому складированию хвостов, замкнутому водообороту, пылеподавлению и поэтапной рекультивации является рациональным набором мер по снижению экологической нагрузки.

4. Пример расчёта показал, что снижение концентрации взвешенных веществ в дренажных водах с 80 до 25 мг/л уменьшает расчётную массу выноса на 68,75 %. Эффективность природоохранных мероприятий должна подтверждаться данными производственного экологического контроля.

References

1. Канакова Е.В., Вдовенко А.В., Липина Л.Н. Рекультивация хвостохранилища № 1 обогатительной фабрики месторождения Албазино // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2023. - N 12-2. - С. 64-74. - DOI: 10.25018/0236_1493_2023_122_0_64.
2. Фоменко В.А., Лолаев А.Б., Соколов А.А., Кузь О.В., Плахотин Д.А. Отдельные результаты геоэкологического мониторинга рельефа поверхности Унальского хвостохранилища // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2024. - N 8. - С. 38-50. - DOI: 10.25018/0236_1493_2024_8_0_38.
3. Фоменко В.А., Соколов А.А., Башмашников И.А., Турметова Г.Ж. Оценка эволюции деформационных процессов в техногенном массиве рекультивированного объекта горного производства // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2026. - N 2. - С. 45-56. - DOI: 10.25018/0236_1493-2026-2-45-56.
4. Крупская Л.Т., Голубев Д.А., Растанина Н.К., Филатова М.Ю. Рекультивация поверхности хвостохранилища закрытого горного предприятия Приморского края с использованием биоремедиации // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2025. - N 1. - С. 78-89. - DOI: 10.25018/0236_1493-2025-1-78-89.
5. Повышение экологической безопасности снижением техногенной нагрузки в горнодобывающих регионах // Известия вузов. Горный журнал. - 2020. - N 10. - С. 12-20. - DOI: 10.21440/0536-1028-2020-10-12-20.
6. ICMM, UNEP, PRI. Global Industry Standard on Tailings Management. - Geneva: International Council on Mining and Metals, 2020. - 64 p. - URL: <https://www.unep.org/resources/report/global-industry-standard-tailings-management>.
7. Crous C., van der Merwe W. Transparency of reporting on tailings storage facilities by mining companies // Resources Policy. - 2025. - Vol. 98. - Article 106234. - DOI: 10.1016/j.resourpol.2025.106234.

8. Walia A., Saeedi A. Digital Transformation and Circular Economy in Mine Tailings Management: A Review // Circular Economy and Sustainability. - 2026. - Vol. 6. - P. 123-145. - DOI: 10.1007/s43615-026-01013-y.
9. Mine Tailings Facilities in Kazakhstan: Public Databases, Management Practices, and Extreme Weather Events // Sustainability. - 2026. - Vol. 18, N 13. - Article 6479. - DOI: 10.3390/su18136479.
10. Teck Resources. 2020 Sustainability Report: Tailings Management. - Vancouver: Teck Resources Limited, 2021. - 48 p. - URL: <https://www.teck.com/media/2020-Sustainability-Report-Tailings-Management.pdf>.
11. Harmony Gold. Tailings Management Sustainability Report 2025. - Johannesburg: Harmony Gold Mining Company, 2025. - 42 p. - URL: <https://www.harmony.co.za/sustainability/environment/tailings-management/>.
12. PT Freeport Indonesia. External Environmental Audit Report 2024-2025. - Jakarta: PT Freeport Indonesia, 2025. - 248 p. - URL: <https://www.fcx.com/sustainability/environment/ptfi-external-audits>.
13. Приказ Минприроды России от 18.02.2022 N 109. Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля. - М.: Минприроды России, 2022. - 32 с.

UDC 622.016:657.6

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Elnikova E.A., Guzenko A.D. Risk-oriented audit of the loss accounting and standardization system at a mining enterprise (case study of the Dukat mine)

Риск-ориентированный аудит системы учёта и нормирования потерь на горном
предприятии (на примере Дуката)

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Elnikova Elena Aleksandrovna,

Senior Lecturer of the Department of ETS,
North-Eastern Federal University, Magadan.

Guzenko Aleksey Dmitrievich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan
Арно Вероника Владимировна

Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-
Восточный государственный университет, г. Магадан

Колесниченко Ева Павловна,

Студентка 4 курса

направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»
ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Ельникова Елена Александровна,

Старший преподаватель кафедры ЭТиС

ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан

Гузенко Алексей Дмитриевич,

Студент 3 курса

Политехнический институт

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет

Abstract. A risk-oriented internal audit model for the accounting and standardization of ore losses and dilution in underground mining at the Dukat gold-silver deposit is proposed. The method ranks risks by the probability of deviations and the severity of their economic consequences, compares actual and standard indicators, and verifies the completeness of primary mine-surveying, geological and production data. Based on 2025 data, weighted-average standard ore losses were 11.02%, dilution was 41.03%, and the calculated total damage from standard metal losses was RUB 816.1 million. The most material risks are dilution in narrow and disturbed ore bodies, delayed stope surveys, and inconsistencies between mining outlines in geological and mine-surveying models. Audit procedures based on laser scanning and a digital deviation register enable controls to focus on critical blocks and improve the reliability of production accounting.

Keywords: risk-oriented audit, ore losses, dilution, standardization, mine surveying control, Dukat deposit, laser scanning, internal control.

Аннотация. Предложена риск-ориентированная модель внутреннего аудита системы учёта и нормирования потерь и разубоживания руды при подземной разработке Дукатского золотосеребряного

месторождения. Методика основана на ранжировании рисков по вероятности возникновения отклонений и тяжести их экономических последствий, сопоставлении фактических и нормативных показателей, а также проверке полноты первичных маркшейдерских, геологических и производственных данных. На материалах 2025 г. установлено, что средневзвешенные нормативные потери составили 11,02 %, разубоживание – 41,03 %, а совокупный расчётный ущерб от нормативных потерь металлов – 816,1 млн руб. Наиболее существенные риски связаны с разубоживанием в узких и нарушенных рудных телах, несвоевременной съёмкой очистных камер и несогласованностью контуров добычи в геологической и маркшейдерской моделях. Внедрение контрольных процедур с использованием лазерного сканирования и цифрового реестра отклонений позволяет направлять аудит на критические блоки и повышать достоверность учёта добычи.

Ключевые слова: риск-ориентированный аудит, потери руды, разубоживание, нормирование, маркшейдерский контроль, Дукатское месторождение, лазерное сканирование, внутренний контроль.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Введение.

Учёт и нормирование потерь и разубоживания являются ключевыми элементами рационального недропользования, поскольку определяют достоверность данных о погашении запасов, качестве добытой руды и экономических результатах предприятия. Для подземных золотосеребряных месторождений с тонкими жилами риск отклонений особенно высок вследствие изменчивости контактов руды, сложности доступа к очистным камерам и влияния технологических нарушений при отбойке и выпуске руды [1-3,5].

На Дукатском месторождении применяются системы разработки с глубокими скважинами и магазинированием руды. Анализ материалов предприятия за 2025 г. показывает дифференциацию нормативных потерь от 5,3 до 12,4 % и разубоживания от 26,1 до 74,0 %. Цель исследования — разработать модель риск-ориентированного аудита, которая позволит выделять участки с наибольшей вероятностью и последствиями отклонений от нормативов, формировать адресные контрольные процедуры и оценивать их эффект [3-5,7].

Материалы и методы.

Информационной базой послужили расчёты нормативных показателей по десяти рудным зонам и жиле 44 за 2025 г., данные о балансовых и эксплуатационных запасах, содержании золота и серебра, а также сведения о фактических контурах очистных работ [7-8]. В исследовании использованы средневзвешенные значения: добыча по балансу $Q_b = 456\,702$ т, нормативные потери $P_n = 11,02$ %, разубоживание $P_n = 41,03$ %, среднее содержание золота в балансовой руде 1,16 г/т и серебра 596,5 г/т.

Риск аудируемого участка определяли как произведение вероятности возникновения отклонения и тяжести его последствий:

$$R_i = P_i \cdot I_i \quad (1)$$

где R_i — интегральная оценка риска i -го участка; P_i — вероятность отклонения по пятибалльной шкале; I_i — влияние отклонения, учитывающее объём добычи, снижение качества и стоимость металлов, баллы.

Отклонение фактического показателя от норматива рассчитывали по формуле [1-3,7-8]:

$$\Delta K = K_f - K_n \quad (2)$$

где ΔK — отклонение, процентных пунктов; K_f — фактический показатель потерь или разубоживания; K_n — утверждённый норматив. Относительный уровень отклонения определяли как:

$$\delta K = (K_f - K_n) / K_n \cdot 100\% \quad (3)$$

Экономическую оценку дополнительного ущерба от сверхнормативных потерь металла выполняли по выражению:

$$Уп = Q_b \cdot \Delta П / 100 \cdot C \cdot Ц / 1000 \quad (4)$$

где $Уп$ — ущерб от сверхнормативных потерь, руб.; Q_b — объём балансовой руды, т; $\Delta П$ — сверхнормативные потери, %; C — содержание металла, г/т; $Ц$ — цена металла, руб./г. Для разубоживания использована оценка потери качества:

$$C_d = C_b \cdot (1 - P / 100) \quad (5)$$

где C_d — содержание металла в добытой руде, г/т; C_b — балансовое содержание; P — разубоживание, %.

Программа аудита

Процедуры аудита объединены в четыре направления: проверка исходных геологических контуров; сверка маркшейдерских объёмов камер и отвалов; сопоставление данных оперативного учёта, склада и фабрики; контроль обоснованности применяемых нормативов [9-11]. Для объектов высокого риска предусматриваются лазерное сканирование очистных камер, повторная съёмка после выпуска руды, выборочная проверка проб и документирование причин отклонений в цифровом реестре.

Результаты

Расчёт показателей потерь и качества

При $Q_b = 456\,702$ т и нормативных потерях 11,02 % объём нормативно теряемой руды составляет: $Q_{п} = 456\,702 \cdot 11,02 / 100 = 50\,315$ т.

Объём руды после учёта потерь равен 406 387 т.

С учётом нормативного разубоживания 41,03 % расчётный объём добытой горной массы составляет 689 740 т, что указывает на существенное влияние прирезки вмещающих пород на качество сырья.

По формуле (5) содержание золота в добытой массе при балансовом содержании

1,16 г/т и $P_n = 41,03 \%$ равно 0,684 г/т. Снижение содержания составляет 41,03 %, что прямо влияет на выход концентрата, расход реагентов и себестоимость переработки. Для серебра при исходном содержании 596,5 г/т расчётное содержание в добытой массе равно 351,8 г/т.

Таблица 1

Базовые показатели для риск-ориентированного аудита

Показатель	Значение	Интерпретация
Балансовый объём руды, т	456 702	База расчёта
Нормативные потери, %	11,02	Средневзвешенное значение
Нормативное разубоживание, %	41,03	Средневзвешенное значение
Нормативно потерянная руда, т	50 315	Контроль полноты извлечения
Золото: Сб / Сд, г/т	1,16 / 0,684	Снижение качества
Серебро: Сб / Сд, г/т	596,5 / 351,8	Снижение качества
Расчётный ущерб, млн руб.	816,1	Приоритет аудита

Ранжирование рисков

Для апробации модели сформирована матрица рисков по типовым причинам отклонений. Вероятность оценивалась с учётом мощности жил, изменчивости контактов, объёма ручных операций при учёте и давности съёмки. Влияние определялось по объёму запасов, ожидаемому снижению содержания металлов и потенциальному ущербу [7-9].

Таблица 2

Матрица рисков системы учёта и нормирования

Риск	P_i	I_i	R_i	Категория	Аудиторская реакция
Прирезка пород по контактам	5	5	25	Критический	Контурная съёмка, проверка паспорта БВР
Несвоевременная съёмка камер	4	5	20	Высокий	Лазерное сканирование, контроль объёмов
Несоответственность 3D-моделей	4	4	16	Высокий	Сверка версий и контуров
Ошибки опробования	3	4	12	Средний	Контроль проб и лабораторных данных
Ошибки складского учёта	2	3	6	Низкий	Выборочная инвентаризация

Наивысший интегральный риск $R_i = 25$ связан с прирезкой вмещающих пород по контакту рудного тела. Этот риск объединяет геологическую неопределённость, влияние параметров БВР и отклонение фактических контуров от проектных. Несвоевременная

съёмка камер имеет риск 20, поскольку приводит к запаздыванию выявления потерь, заколов и разубоживания, а также снижает качество первичных данных для отчётности.

Пример расчёта ущерба

Рассмотрим условное сверхнормативное увеличение потерь золота на $\Delta П = 1,0$ процентный пункт для объёма $Q_b = 20\,216$ т, балансового содержания $C = 1,36$ г/т и условной цены золота $Ц = 11\,892$ руб./г. По формуле (4) $Уп = 20\,216 \cdot 1,0 / 100 \cdot 1,36 \cdot 11\,892 / 1000 = 3,27$ млн руб. для данного блока. Расчёт демонстрирует, что даже отклонение на один процентный пункт формирует значимый финансовый риск и является основанием для углублённой проверки первичных данных и технологии очистной выемки [8-9].

Обсуждение

Риск-ориентированный подход изменяет последовательность аудита: проверка осуществляется не равномерно по всем участкам, а прежде всего в блоках с высокой ожидаемой величиной потерь, разубоживания и экономического ущерба. Это особенно важно для Дуката, где средневзвешенное разубоживание превышает 40 %, а отдельные зоны характеризуются существенно более высокими значениями. Приоритизация работ снижает трудоёмкость контрольных процедур и повышает вероятность своевременного выявления причин отклонений [9-12].

Рекомендуемая система внутреннего контроля должна включать ежемесячное формирование реестра рисков, квартальную переоценку нормативов и обязательную цифровую увязку геологической, маркшейдерской и производственной моделей. Для критических камер целесообразно использовать лазерное сканирование до и после выпуска руды, а результаты сопоставлять с паспортом отбойки, данными опробования и объёмами транспортирования. Эффективность процедуры оценивается по уменьшению числа сверхнормативных отклонений и сокращению ущерба.

Ограничением исследования является использование расчётных средних показателей и условной цены металла в примере. Для практического внедрения необходимо применять утверждённые нормативы предприятия, фактические договорные цены, сведения о извлечении на фабрике и результаты независимой верификации измерений. При этом представленная модель может быть реализована в электронной таблице или в модуле горно-геологической информационной системы.

Выводы

1. На Дукатском месторождении риск-ориентированный аудит системы учёта и нормирования следует концентрировать на прирезке пород по контактам, своевременности съёмки очистных камер и согласованности геологической и маркшейдерской информации.

2. По данным расчётов за 2025 г. средневзвешенные нормативные потери составляют 11,02 %, разубоживание — 41,03 %, а расчётный ущерб от нормативных потерь металлов — 816,1 млн руб.; эти показатели обосновывают высокий приоритет внутреннего контроля.

3. Матрица рисков позволяет ранжировать блоки по интегральному показателю $R_i = P_i \cdot I_i$ и назначать дифференцированные процедуры: от выборочной инвентаризации до лазерного сканирования и повторной маркшейдерской съёмки.

4. Пример расчёта показывает, что сверхнормативные потери золота на уровне 1 процентного пункта в блоке 20 216 т способны сформировать ущерб порядка 3,27 млн руб., что подтверждает экономическую целесообразность превентивного контроля.

References

1. Петров Д.Н., Зубков В.П. Рекомендации по технологии выпуска руды, обеспечивающие минимальные показатели ее потерь от повторного смерзания в очистном пространстве // Горная промышленность. - 2026. - N 4. - С. 178-183. - DOI: 10.25018/0236-1493-2026-4-178-183.
2. Сребродольский Я.А., Швабенланд Е.Е., Курчин Г.С. Специфика оценки потерь и разубоживания минерального сырья при комплексном освоении месторождений полиметаллических руд и сопутствующих техногенных образований // Горная промышленность. - 2025. - N 5S. - С. 92-99. - DOI: 10.25018/0236-1493-2025-5S-92-99.
3. Имашев А.З. Прогнозная оценка разубоживания руды при отработке тонких крутопадающих кварцевых жил // Записки Горного института. - 2024. - Т. 155. - С. 58-68. - DOI: 10.31897/PMI.2024.1.58.
4. Курчин Г.С., Ананенко К.Е., Прокопьев И.В., Кирсанов А.К. Методические основы нормирования потерь и разубоживания при добыче с учётом их влияния на технологические показатели при переработке // Горный журнал. - 2023. - N 5. - С. 43-48. - DOI: 10.17580/gzh.2023.05.07.
5. Правила утверждения нормативов потерь полезных ископаемых при добыче, технологически связанных с принятой схемой и технологией разработки месторождения: Постановление Правительства РФ от 18.04.2025 N 514.
6. ICMAI. Manual on internal audit of risk management in the mining sector. - New Delhi: The Institute of Cost Accountants of India, 2021. - 156 p. - URL: https://icmai.in/icmai/IAASB/docs/Manual_Risk_Management_Mining_Sector.pdf.

7. CAG. Manual on Audit of Mines and Geology Department. - New Delhi: Comptroller and Auditor General of India, 2020. - 248 p. - URL: <https://cag.gov.in/uploads/media/Manual-of-Mines-and-Mineral-20200717163959.pdf>.
8. Баймашев З.Г., др. Методические указания по нормированию, определению и учету потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче. - М.: Геоинформмарк, 2025. - 84 с. - DOI: 10.33271/method-2025-01.
9. РД 8-19-92. Отраслевая инструкция по определению, учету, нормированию и планированию потерь и разубоживания руды при подземной и открытой разработке месторождений радиоактивных, редких и благородных металлов. - М.: Минатом России, 1992 (актуализация 01.01.2021). - URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293731/4293731042.htm>.
10. Гильдеев А.М., Курчин Г.С., Вохмин С.А., Кирсанов А.К., Бархатов Д.В. Анализ влияния горно-геологических параметров на показатели потерь и разубоживания руды при системах разработки с подэтажным обрушением // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2026. - N 2. - С. 14-18. - DOI: 10.25018/0236-1493-2026-2-14-18.
11. Оценка потерь и разубоживания руды при комбинированной системе разработки подземным способом месторождений со сложным морфологическим строением // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2023. - N 5 (спец. вып. 3). - С. 112-119. - DOI: 10.25018/0236-1493-2023-5-112-119.
12. Фомин С.И. Совершенствование методов определения потерь руды при открытой разработке месторождений // Известия Томского политехнического университета. - 2024. - Т. 326, N 6. - С. 45-53. - DOI: 10.15372/FTPRPI20240605.

UDC 622.271.3:622.016

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Lomakina N.E., Guzenko A.D. Differentiated standardization of ore losses and dilution by ore zones at the Dukat deposit: methodology and economic effect

Дифференцированное нормирование потерь и разубоживания по рудным зонам
Дукатского месторождения: методика и экономический эффект

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Lomakina Natalia Evgenievna,

Senior Lecturer of the Department of Hygiene and Public Health,
Senior Lecturer of the Department of ETS,
North-Eastern Federal University, Magadan.

Guzenko Aleksey Dmitrievich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan
Арно Вероника Владимировна

Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-
Восточный государственный университет, г. Магадан

Колесниченко Ева Павловна,

Студентка 4 курса

направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»

ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Ломакина Наталья Евгеньевна,

Старший преподаватель кафедры ГиГД

ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан

Гузенко Алексей Дмитриевич,

Студент 3 курса

Политехнический институт

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет

Abstract. The paper proposes a method for differentiated standardization of ore losses and dilution by ore zones at the Dukat gold-silver deposit. The method considers orebody thickness and dip, host-rock stability, mining method, drilling-and-blasting parameters and mine-surveying data from stope surveys. Indicators for ten ore zones and Vein 44 for 2025 were analyzed. Standard ore losses range from 5.3 to 12.4%, while dilution ranges from 26.1 to 74.0%; the weighted-average values are 11.02 and 41.03%, respectively. The differentiated approach enables an objective comparison of actual and standard indicators, identification of technologically problematic areas and targeted planning of measures. The calculated economic damage from standard metal losses is RUB 816.1 million per year; reducing losses by one percentage point gives a potential avoided loss of RUB 74.1 million. The applied methodology can be used for preparing standards, planning stoping operations and internal audit.

Keywords: ore losses, dilution, differentiated standardization, Dukat deposit, underground mining, economic damage, mine-surveying control.

Аннотация. В статье предложена методика дифференцированного нормирования потерь и разубоживания руды по рудным зонам Дукатского золотосеребряного месторождения. Методика учитывает мощность и угол падения рудных тел, устойчивость вмещающих пород, применяемую систему разработки, параметры буровзрывных работ и данные маркшейдерских съёмок очистных камер. Выполнен анализ показателей десяти рудных зон и жилы 44 за 2025 г. Установлено, что нормативные потери изменяются от 5,3 до 12,4 %, разубоживание – от 26,1 до 74,0 %, при средневзвешенных значениях 11,02 и 41,03 % соответственно. Дифференцированный подход позволяет объективно сопоставлять фактические и нормативные показатели, выделять технологически проблемные участки и адресно планировать мероприятия. Расчётный экономический ущерб от нормативных потерь металлов составляет 816,1 млн руб. в год; при снижении потерь на 1 процентный пункт потенциальный предотвращённый ущерб оценивается в 74,1 млн руб. Работа носит прикладной характер и может быть использована при подготовке нормативов, планировании очистных работ и внутреннем аудите предприятия.

Ключевые слова: потери руды, разубоживание, дифференцированное нормирование, Дукатское месторождение, подземная разработка, экономический ущерб, маркшейдерский контроль.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Введение

Потери и разубоживание руды при подземной разработке определяют полноту извлечения запасов, качество минерального сырья и финансовый результат горного предприятия. Применение единого норматива для неоднородных рудных тел не отражает различия в мощности жил, устойчивости массива, условиях очистной выемки и фактической конфигурации камер. Поэтому для сложноструктурных золотосеребряных месторождений обоснованным является зональный подход к нормированию.

Дукатское месторождение характеризуется многочисленными жилами и рудными зонами, обрабатываемыми подземным способом. Разброс показателей по зонам подтверждает необходимость дифференциации: потери составляют 5,3–12,4 %, разубоживание — 26,1–74,0 %. Цель исследования — разработать и апробировать методику зонального нормирования с оценкой его экономического эффекта [1-3, 7].

Материалы и методы

Исходные данные

Использованы материалы расчёта нормативов на 2025 г. для десяти рудных зон и жилы 44: объём балансовой руды, средние содержания золота и серебра, нормативные коэффициенты потерь и разубоживания, а также данные о горно-геологических условиях [4-5]. Средневзвешенный объём балансовой руды составил 456 702 т, содержание золота — 1,16 г/т, серебра — 596,5 г/т.

Методика нормирования

Норматив потерь для *i*-й рудной зоны определяют как отношение объёма нормативно теряемой руды к балансовому объёму:

$$П_i = Q_{П_i} / Q_{б_i} \cdot 100\% \quad (1)$$

где $П_i$ — нормативные потери, %; $Q_{П_i}$ — объём потерь в зоне, т; $Q_{б_i}$ — балансовый объём руды, т. Норматив разубоживания рассчитывают, как отношение объёма примешанных пород к добытой горной массе:

$$P_i = Q_{пор_i} / (Q_{д_i} + Q_{пор_i}) \cdot 100\% \quad (2)$$

где P_i — разубоживание, %; $Q_{пор_i}$ — объём примешанных пород; $Q_{д_i}$ — объём добытой руды после учёта потерь. Средневзвешенный норматив по руднику рассчитывают с учётом объёмов запасов:

$$P_{ср} = \Sigma(Q_{б_i} \cdot P_i) / \Sigma Q_{б_i} \quad (3)$$

Снижение содержания металла в добытой массе определяют по формуле:

$$C_{д_i} = C_{б_i} \cdot (1 - P_i / 100) \quad (4)$$

где $C_{д_i}$ — содержание металла в добытой массе; $C_{б_i}$ — балансовое содержание.

Годовой ущерб от потерь металлов оценивают как:

$$У = \Sigma(Q_{б_i} \cdot P_i / 100 \cdot C_i \cdot Ц_i / 1000) \quad (5)$$

где $У$ — ущерб, руб.; C_i — содержание металла, г/т; $Ц_i$ — цена металла, руб./г.

Алгоритм дифференциации

Рудные зоны группируются по четырём признакам: мощности рудного тела, устойчивости руды и вмещающих пород, углу падения и применяемой технологии очистной выемки [4-5]. Для каждой группы определяют типовые источники потерь: целики, потери в днище, потери отбитой руды, заколы; и источники разубоживания: прирезка по контактам, обрушение бортов, примешивание пород при выпуске [6-7,8]. Нормативы утверждают отдельно по зонам и ежегодно уточняются по данным фактических съёмок и опробования.

Результаты

Зональные показатели

Таблица 1

Нормативные показатели по типовым рудным зонам Дуката, 2025 г.

Рудная зона	$Q_{б}$, т	$П_i$, %	P_i , %	C_{Au} , г/т	C_{Au} добыт., г/т
I	179 849	11,00	43,61	1,31	0,74
VIII-1	6 195	9,90	73,97	5,18	1,35
VIII-2	8 183	5,90	56,31	3,64	1,59
XIII	62 393	11,20	27,80	1,27	0,92
XV	47 551	12,40	52,28	1,46	0,70
Жила 44	122 482	11,50	26,11	1,17	0,86
Жила 46	2 755	5,30	44,07	0,71	0,40
Всего	456 702	11,02	41,03	1,16	0,68

Минимальные нормативные потери 5,3 % получены по жиле 46, максимальные 12,4 % — по зоне XV. Наибольшее разубоживание 73,97 % отмечено для зоны VIII-1, что указывает на повышенную вероятность прирезки вмещающих пород в условиях малой мощности и сложного контакта рудного тела. Минимальное разубоживание 26,11 % характерно для жилы 44. Следовательно, применение единого норматива 11,02 % потерь и 41,03 % разубоживания искажало бы оценку эффективности отдельных зон.

Расчёт экономического эффекта

Для рудника объём нормативно теряемой руды равен $Q_n = 456\,702 \cdot 11,02 / 100 = 50\,315$ т. Приведённая оценка ущерба от нормативных потерь золота и серебра составляет 816,1 млн руб. в год. Потенциальный предотвращённый ущерб при снижении средневзвешенного норматива потерь на один процентный пункт рассчитывается пропорционально: $\Delta 1 = 816,1 / 11,02 = 74,1$ млн руб./год.

Например, для зоны XV при $Q_b = 47\,551$ т, $P = 12,4$ % и содержании золота 1,46 г/т нормативно теряется 5 896 т руды, содержащей около 8,61 кг золота. Снижение потерь в этой зоне на 1 процентный пункт позволяет сохранить 475,5 т руды, или около 0,69 кг золота. Приоритетными для технологических мероприятий являются зоны с высокой комбинацией объёма запасов, нормативных потерь и стоимости металлов.

Таблица 2

Экономическая интерпретация зонального подхода

Показатель	Значение	Практическое значение
Нормативно потерянная руда	50 315 т	База для контроля извлечения
Средневзвешенные потери	11,02 %	Не применяются как единый норматив по зонам
Расчётный ущерб	816,1 млн руб./год	Потенциал экономии
Эффект снижения потерь на 1 п.п.	74,1 млн руб./год	Оценка приоритета мероприятий
Наибольший риск разубоживания	VIII-1, 73,97 %	Требуется селективная выемка и контроль контуров

Обсуждение

Дифференцированное нормирование обеспечивает сопоставимость плановых и фактических показателей только в пределах одинаковых горно-геологических и технологических условий [6,8].

Для зоны VIII-1 основной акцент должен быть сделан на снижении разубоживания: уточнении геологических контактов, корректировке параметров БВР, применении контурного взрывания и оперативной маркшейдерской съёмке. Для зоны XV приоритетом является сокращение потерь за счёт оптимизации параметров камер, целиков и порядка выпуска руды.

Для внедрения методики требуется единый цифровой контур данных: геологическая модель, проектные и фактические контуры очистных работ, сведения о выпуске и опробовании.

Лазерное сканирование камер является эффективным средством независимой проверки объёмов заколов, пустот и оставленной руды. Нормативы следует пересматривать не реже одного раза в год, а при изменении системы разработки или геомеханических условий — внеочередно.

Ограничением расчёта является использование приведённой оценки ущерба по нормативным потерям. Фактический экономический эффект будет зависеть от извлечения металлов на фабрике, цен реализации, дополнительных затрат на контроль и конкретных технических решений. Поэтому расчёты следует использовать как основу ранжирования мероприятий, а не как окончательный финансовый план.

Выводы

1. Нормативные потери по рудным зонам Дукатского месторождения изменяются от 5,3 до 12,4 %, а разубоживание — от 26,1 до 74,0 %, что подтверждает необходимость зонального нормирования.

2. Средневзвешенные показатели по руднику составляют 11,02 % потерь и 41,03 % разубоживания, однако их использование в качестве единого норматива для всех участков не отражает фактическую технологическую неоднородность.

3. Наиболее проблемным по разубоживанию является участок VIII-1 (73,97 %), а по потерям — зона XV (12,4 %). Для них необходимы адресные технологические и маркшейдерские мероприятия.

4. Расчётный ущерб от нормативных потерь составляет 816,1 млн руб. в год; снижение средневзвешенных потерь на 1 процентный пункт формирует потенциальный экономический эффект около 74,1 млн руб. в год.

References

1. Сребродольский Я.А., Швабенланд Е.Е., Курчин Г.С. Специфика оценки потерь и разубоживания минерального сырья при комплексном освоении месторождений полиметаллических руд и сопутствующих техногенных образований // Горная промышленность. - 2025. - N 5S. - С. 92-99. - DOI: 10.25018/0236-1493-2025-5S-92-99.

2. Имашев А.З. Прогнозная оценка разубоживания руды при отработке тонких крутопадающих кварцевых жил // Записки Горного института. - 2024. - Т. 155. - С. 58-68. - DOI: 10.31897/PMI.2024.1.58.

3. Курчин Г.С., Ананенко К.Е., Прокопьев И.В., Кирсанов А.К. Методические основы нормирования потерь и разубоживания при добыче с учётом их влияния на технологические показатели при переработке // Горный журнал. - 2023. - N 5. - С. 43-48. - DOI: 10.17580/gzh.2023.05.07.

4. Гильдеев А.М., Курчин Г.С., Вохмин С.А., Кирсанов А.К., Бархатов Д.В. Анализ влияния горно-геологических параметров на показатели потерь и разубоживания руды при системах разработки с подэтажным обрушением // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2026. - N 2. - С. 14-18. - DOI: 10.25018/0236-1493-2026-2-14-18.

5. Оценка потерь и разубоживания руды при комбинированной системе разработки подземным способом месторождений со сложным морфологическим строением // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2023. - N 5 (спец. вып. 3). - С. 112-119. - DOI: 10.25018/0236-1493-2023-5-112-119.

6. Фомин С.И. Совершенствование методов определения потерь руды при открытой разработке месторождений // Известия Томского политехнического университета. - 2024. - Т. 326, N 6. - С. 45-53. - DOI: 10.15372/FTPRPI20240605.

7. Правила утверждения нормативов потерь полезных ископаемых при добыче, технологически связанных с принятой схемой и технологией разработки месторождения: Постановление Правительства РФ от 18.04.2025 N 503.

8. Imashev A.Z., Zhapbasov A.K. Research into the influence of the thin slope deposits mining technology on the losses and dilution // Mining of Mineral Deposits. - 2020. - Vol. 14, N 3. - P. 45-53. - DOI: 10.33271/mining14.03.045.

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS

UDC 004.91

Antipov A.V., Fomin D.V. Development of an automated data collection system from online stores

Разработка системы автоматизированного сбора данных из интернет-магазинов

Antipov Alexey Vladimirovich,

student, Amur State University, Blagoveshchensk

Fomin Denis Vasilyevich,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Security,
Amur State University, Blagoveshchensk

Антипов Алексей Владимирович,
студент, Амурский государственный университет, г. Благовещенск
Фомин Денис Васильевич,
канд. техн. наук, доцент кафедры информационной безопасности,
Амурский государственный университет, г. Благовещенск

Abstract. The goal is to develop a system for automated collection and processing of data on products from online stores, ensuring full local control, flexibility in configuration, and scalability.

Methods: the shortcomings of existing solutions were identified, and key requirements were formulated: local data storage, asynchronous parallel processing, a visual configuration interface without programming, and export to standard formats. A multi-level architecture of a desktop application for Windows has been designed. An interface has been implemented that covers the full cycle: creating configurations via a built-in browser with automatic generation of CSS selectors, parallel collection of main and detailed data levels, viewing and editing, normalization, and export to XLSX, CSV, and JSON. Adjustable delays and the degree of parallelism are provided to adapt to different websites.

Results: the system has been tested on real catalogs, and the functionality of all functional blocks has been confirmed. The system provides the ability to flexibly configure it to fit the structure of any online store without involving programmers.

Conclusions: the developed solution is ready for industrial implementation; its use will significantly reduce labor costs associated with monitoring market prices and product offerings, improve the speed of obtaining analytical data, and reduce dependence on third-party services.

Keywords: information system, automated data collection, web scraping, parsing, online store, data normalization.

Аннотация. Цель – разработка системы автоматизированного сбора и обработки данных о товарах интернет-магазинов, обеспечивающей полный локальный контроль, гибкость настройки и масштабируемость.

Методы – выявлены недостатки существующих решений и сформулированы ключевые требования: локальное хранение данных, асинхронная параллельная обработка, визуальный интерфейс настройки без программирования, экспорт в стандартные форматы. Спроектирована многоуровневая архитектура десктопного приложения для Windows. Реализован интерфейс, охватывающий полный цикл: создание конфигураций через встроенный браузер с автоматическим формированием CSS-селекторов, параллельный сбор основного и детального уровней данных, просмотр и редактирование, нормализация и экспорт в XLSX, CSV, JSON. Предусмотрены регулируемые задержки и степень параллелизма для адаптации к разным сайтам.

Результаты – система протестирована на реальных каталогах, подтверждена работоспособность всех функциональных блоков. Обеспечена возможность гибкой настройки под структуру произвольного интернет-магазина без привлечения программистов.

Выводы – разработанное решение готово к промышленному внедрению; его использование позволит существенно сократить трудозатраты на мониторинг рыночных цен и ассортимента, повысить оперативность

получения аналитических данных и снизить зависимость от сторонних сервисов.

Ключевые слова: информационная система, автоматизированный сбор данных, веб-скрапинг, парсинг, интернет-магазин, нормализация данных.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Введение. В открытом доступе сети Интернет присутствуют значительные объёмы ценной информации, имеющей нерегулярную структуру и специфические способы доступа, ориентированные на человека. Эффективный сбор и систематизация таких данных становятся важной задачей для организаций различных сфер деятельности. Одним из ключевых источников являются интернет-магазины: мониторинг ассортимента и цен конкурентов приобретает повышенное значение в условиях активного развития электронной коммерции [1-4].

Ручной сбор и обработка данных крайне трудоёмки и неэффективны из-за больших объёмов и постоянного обновления информации. Технологии автоматизации позволяют решить проблему масштабируемости, однако их создание сопряжено с техническими сложностями, а существующие системы часто заточены под конкретные задачи или типы ресурсов, что ограничивает их применимость для разнородных интернет-магазинов [5-8]. В связи с этим актуальна разработка собственной системы, лишённой перечисленных недостатков.

Методы. На основе анализа предметной области и существующих решений сформулированы ключевые требования к разрабатываемой системе [9-15]. Например, полный локальный контроль над данными – агрегированная база сведений о ценах и ассортименте имеет коммерческую ценность, поэтому её передача сторонним провайдерам недопустима. Система не должна зависеть от внешних сервисов ни на этапе сбора, ни на этапе хранения.

Производительность – локальная система должна обеспечивать приемлемое время выполнения за счёт собственных ресурсов. Последовательная обработка каталогов с тысячами позиций невозможна, поэтому реализована асинхронная параллельная обработка запросов.

Работа с динамическим контентом – большинство современных интернет-магазинов формирует страницы с помощью JavaScript, что исключает простой разбор статического HTML. Система использует полноценный браузерный движок, выполняющий JavaScript и взаимодействующий со страницей подобно обычному пользователю.

Доступность для непрограммистов – настройку правил извлечения выполняют

сотрудники отдела закупок, поэтому интерфейс должен позволять конфигурировать и корректировать правила без привлечения IT-специалистов, особенно с учётом периодических изменений структуры страниц.

Масштабируемость – система должна обеспечивать добавление новых источников через визуальный интерфейс без изменения кода и сохранять устойчивую работу при росте нагрузки.

Экспорт и нормализация – результаты должны выгружаться в форматы, совместимые с существующими инструментами анализа (XLSX, CSV, JSON), с возможностью нормализации для исключения дополнительной ручной обработки.

В соответствии с требованиями система реализована как десктопное приложение для Windows 10/11 с многоуровневой архитектурой (уровень представления, бизнес-логики и данных), что обеспечивает независимость компонентов и возможность дальнейшего развития. В основу концепции положены три принципа: полный локальный контроль, доступность через визуальное конфигурирование, и производительность за счёт параллельной обработки.

Результаты. Пользовательский интерфейс системы реализован в виде десктопного приложения для операционной системы Windows и включает главное окно с панелью вкладок, встроенный браузер конфигурирования и набор диалоговых окон. Описание интерфейса выполнено на примере полного цикла работы с системой – от создания конфигурации сбора для магазина «Трейд партс» на маркетплейсе Ozon до получения нормализованного и экспортированного набора данных.

При запуске приложения открывается главное окно, представленное на рис. 1. В верхней части окна расположена панель с пятью вкладками: «Конфигурирование», «Запуск», «Просмотр», «Настройки» и «О программе». Слева от вкладок находится кнопка «Браузер», запускающая встроенный браузер конфигурирования. Рабочая область окна разделена вертикальным разделителем на левую навигационную панель и правую область с содержимым активной вкладки.

The screenshot shows the Ezscraper application window with the 'Конфигурирование' (Configuration) tab active. The left sidebar contains a '+ Новая конфигурация' (New configuration) button, a search bar, and a 'Список конфигураций' (List of configurations) section. The main configuration area is titled 'Трейд партс запчасти' and includes the following sections:

- URL:** A text field containing 'https://...' with a refresh icon.
- СЕЛЕКТОР КАРТОЧКИ:** A text field containing 'div.product-card ...' with a refresh icon.
- СЕЛЕКТОРЫ ПОЛЕЙ / НАЗВАНИЕ СТОЛБЦА:** A section with a table for mapping selectors to column names. The table has two columns: 'Селектор' and 'Название столбца'. There are 'Связать' (Link) and 'Разъединить' (Unlink) buttons.
- СТРАНИЦА ДЕТАЛИЗАЦИИ:** A section with two text fields: 'Селектор URL детальной страницы товара' (containing 'a:nth-of-type(1) ...') and 'Селектор карточки детальной страницы' (containing 'div.product-detail ...').
- ПАГИНАЦИЯ:** A section with a text field for 'Селектор кнопки следующей страницы' (containing 'button.next-page ...').
- URL:** Two text fields for 'URL: Страница 2' (containing 'https://site.com/catalog/?page=2') and 'URL: Страница 3' (containing 'https://site.com/catalog/?page=3').
- Прокрутить до конца:** A button with a red 'X' icon.

Рис. 1 – Вкладка «Конфигурирование» с пустой формой

Левая навигационная панель содержит поле поиска, список конфигураций, сгруппированных по доменам, и кнопку создания новой конфигурации. Поведение панели изменяется в зависимости от активной вкладки: в режиме «Конфигурирование» клик по конфигурации открывает её параметры; в режиме «Просмотр» – загружает собранные данные по сессиям выбранной конфигурации для просмотра и редактирования; в режиме «Настройки» – открывает форму глобальных настроек или переопределения параметров для выбранного домена либо конфигурации.

Для создания новой конфигурации нажимается кнопка «+ Новая конфигурация» на левой навигационной панели. Активируется вкладка «Конфигурирование» с пустой формой, представленной на рис. 1. В верхнем поле формы указывается произвольное название конфигурации – в данном примере «Трейд партс запчасти». Остальные поля заполняются нажатием кнопок автозаполнения, расположенными рядом с каждым полем: они передают актуальные значения непосредственно из браузера конфигурирования.

Для запуска браузера конфигурирования нажимается кнопка «Браузер» в верхней

панели главного окна. В отдельном окне открывается встроенный браузер, в котором после загрузки каждой страницы автоматически внедряется JavaScript-интерфейс конфигурирования. В адресную строку вводится URL целевого каталога – в данном примере страница каталога запасных частей магазина Трейд Партс на маркетплейсе Ozon. После загрузки страницы в верхней части браузера появляется панель инструментов с кнопками режимов выбора. Браузер с загруженной страницей и активной панелью инструментов представлен на рисунке 2.

Для выбора карточки товара активируется режим «Выбрать карточку» на панели инструментов. При наведении курсора на элементы страницы они подсвечиваются цветной рамкой. После клика на любую из карточек товара в каталоге система формирует CSS-селектор выбранного элемента и заменяет все аналогичные карточки прокси-карточками – блоками, в которых весь текст исходного элемента преобразуется в отдельные строки, доступные для выбора.

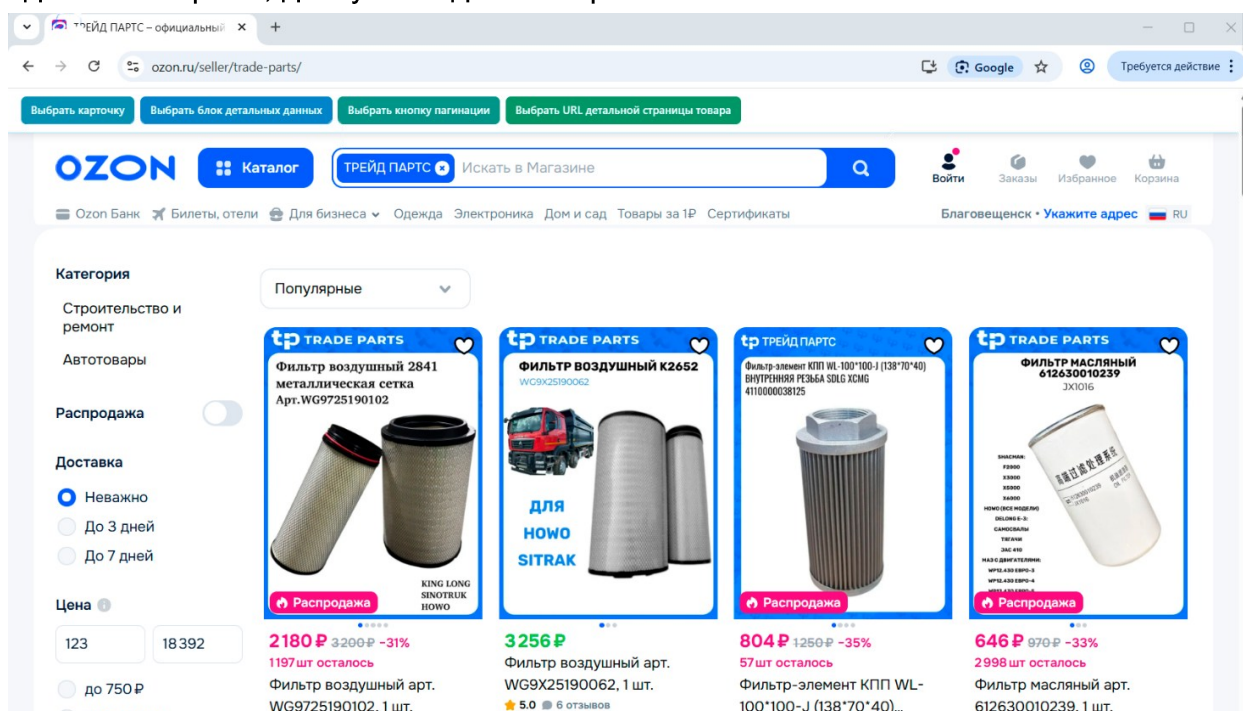


Рис. 2 – Браузер конфигурирования с панелью инструментов

Сформированный CSS-селектор карточки переносится на вкладку «Конфигурирование» нажатием соответствующей кнопки автозаполнения. Аналогичным образом, активировав режим «Выбрать URL детальной страницы товара» и кликнув на ссылку в одной из прокси-карточек, определяется CSS-селектор ссылки на страницу отдельного товара.

Выбор полей для извлечения осуществляется кликом на нужные строки

непосредственно в прокси-карточках. После завершения выбора нажимается кнопка «Получить поля» рядом с таблицей полей на вкладке «Конфигурирование» – таблица заполняется строками с CSS-селекторами. Названия столбцов для каждого поля вводятся вручную – например, «Название», «Артикул», «Цена».

Вспомогательный режим «Анализ полей» позволяет просмотреть все обнаруженные селекторы полей по всем прокси-карточкам, а также долю карточек, в которых присутствует каждое конкретное поле. Процесс выбора полей на прокси-карточке представлен на рисунке 3.

Для конфигурирования детального сбора в браузере открывается страница одного из товаров. После загрузки интерфейс внедряется повторно. Активируется режим «Выбрать блок детальных данных» и производится клик на блок с характеристиками товара. Сформированный CSS-селектор переносится в соответствующее поле нажатием кнопки автозаполнения.

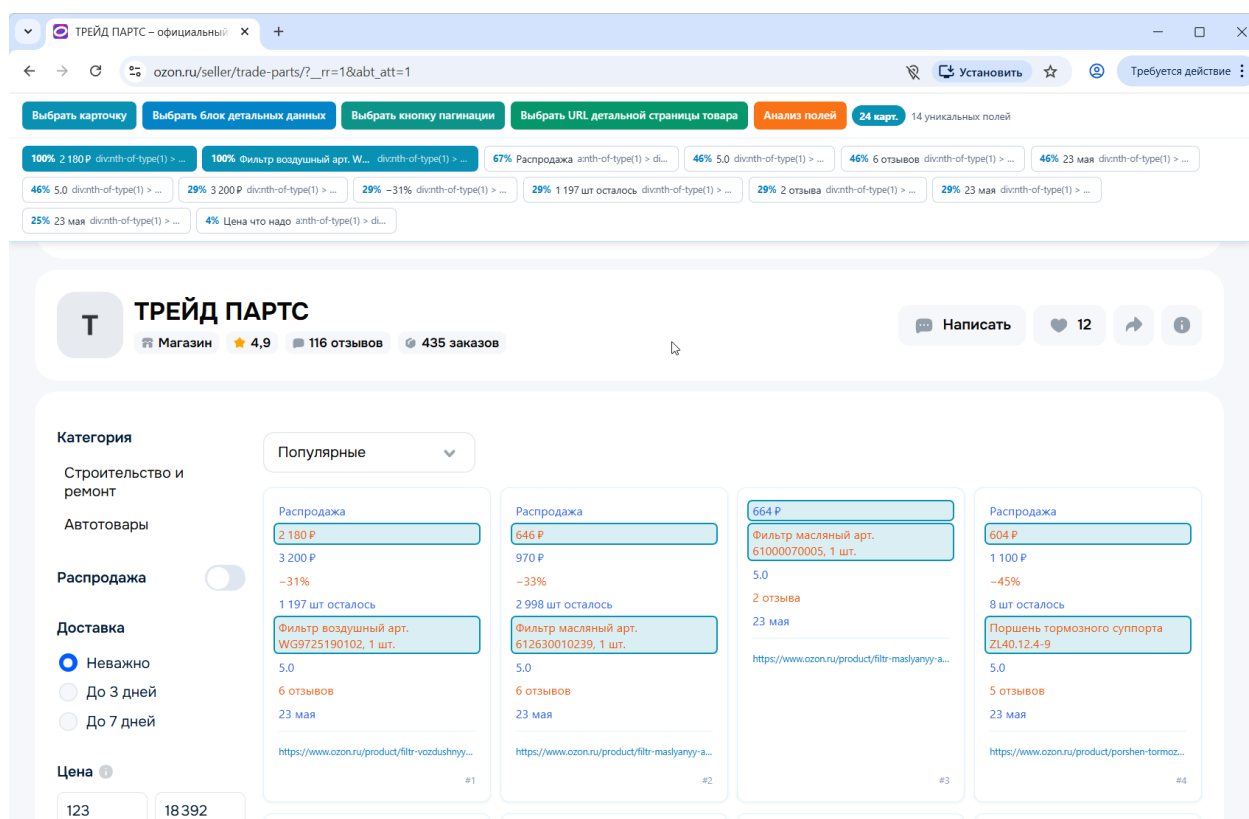


Рис. 3 – Выбор полей для извлечения в прокси-карточке товара

После заполнения всех полей конфигурация сохраняется нажатием кнопки «Сохранить» и появляется в левой навигационной панели в группе соответствующего домена.

Параметры сбора настраиваются на одноимённой вкладке и включают следующие разделы:

- «Задержки» – управляет временем ожидания после загрузки страницы и после перехода на следующую, а также максимальным числом обрабатываемых страниц;
- «Скроллинг» – задаёт шаг прокрутки в пикселях, паузу между шагами и максимальное время ожидания завершения прокрутки;
- «Параллельность» – определяет, сколько доменов, конфигураций и вкладок обрабатывается одновременно.

Настройки организованы в трёх уровнях: глобальные значения применяются ко всем конфигурациям, однако могут быть переопределены для конкретного домена или отдельной конфигурации. Увеличение задержек в сочетании со снижением степени параллелизма позволяет снизить интенсивность запросов и обойти защиту от автоматизированного доступа на сайтах с соответствующими ограничениями. На ресурсах без подобных ограничений сокращение задержек и увеличение параллелизма позволяет существенно ускорить сбор.

Для запуска основного сбора данных осуществляется переход на вкладку «Запуск». Конфигурация «Трейд Партс – запчасти» выбирается в левой панели и добавляется в очередь с типом сбора «Основной». После нажатия кнопки «Запустить» система открывает браузер, загружает стартовую страницу каталога и приступает к циклическому обходу страниц. В нижней части вкладки ведётся журнал выполнения с отображением хода сбора в реальном времени. Кнопка «Остановить» позволяет прервать сбор в любой момент; уже собранные данные при этом сохраняются в полном объёме. Окно приложения в процессе основного сбора данных представлено на рисунке 4.

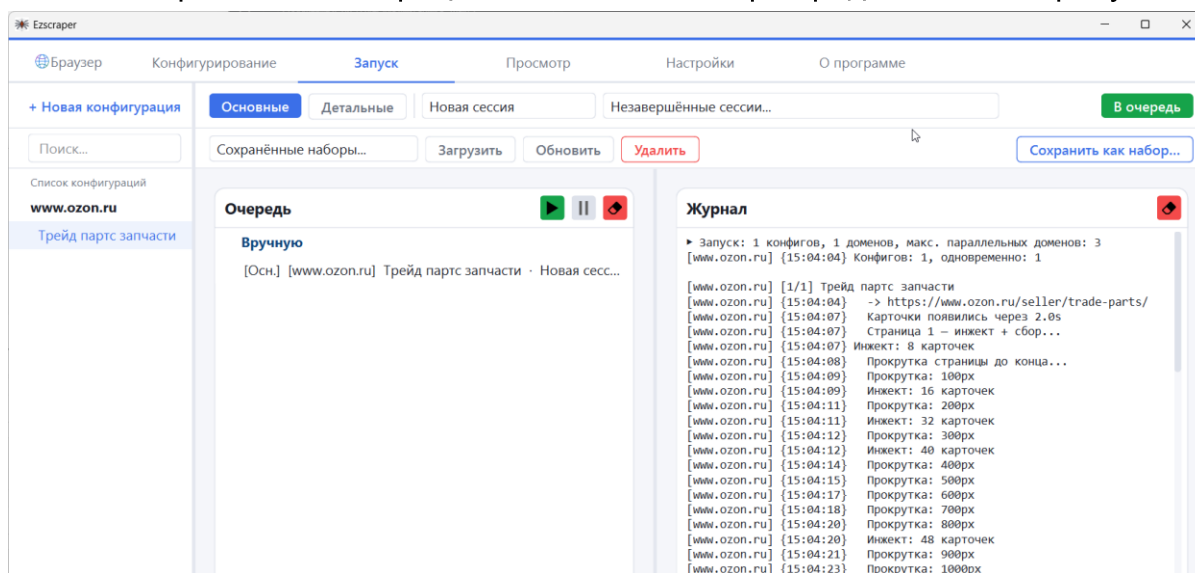


Рис. 4 – Окно приложения в процессе основного сбора данных

По завершении сессии осуществляется переход на вкладку «Просмотр». После выбора сессии в режиме «Основные» таблица заполняется собранными данными карточек товаров: столбцы соответствуют полям, заданным в конфигурации, а также содержат URL страницы-источника. Содержимое ячеек доступно для редактирования, строки и сессии могут быть удалены.

На основе результатов основного сбора запускается детальный сбор. На вкладке «Запуск» конфигурация добавляется в очередь с типом «Детальный», из выпадающего списка выбирается исходная основная сессия. После запуска система извлекает из базы данных все URL-адреса страниц товаров и обходит их в параллельных вкладках браузера. В журнале отображается порядковый номер текущего URL из общего количества, адрес страницы и статус обработки. Прерванная сессия может быть возобновлена без повторной обработки уже пройденных страниц.

При необходимости структурирования данных нажимается кнопка «Нормализовать», после чего открывается диалог нормализации. Результат отображается в режиме «Нормализованные» на вкладке «Просмотр»: таблица приобретает единообразную структуру с именованными столбцами, пригодную для дальнейшей обработки в специализированных программах, таких как Microsoft Excel, а также для последующего анализа данных. При этом поддерживаются три формата: XLSX, CSV и JSON.

Таким образом, пользовательский интерфейс системы обеспечивает полный цикл работы с данными: визуальное конфигурирование правил извлечения через встроенный браузер с автоматическим формированием CSS-селекторов, управление очередями заданий и запуск основного и детального сбора с отображением хода выполнения в реальном времени, просмотр и редактирование собранных данных в табличном представлении, нормализация детальных характеристик товаров с назначением псевдонимов и экспорт результатов. Все этапы реализованы в рамках единого приложения и доступны через интуитивно понятный интерфейс, не требующий от пользователя знания веб-технологий или программирования. Работоспособность системы подтверждена в соответствии с критериями приёмо-сдаточных испытаний технического задания.

Обсуждение. Разработанное решение позволяет преодолеть основные недостатки коммерческих аналогов: обеспечен полный локальный контроль над данными, реализована асинхронная параллельная обработка, а визуальный интерфейс конфигурирования делает систему доступной для сотрудников без технической подготовки. В отличие от облачных сервисов, данные не передаются сторонним провайдерам, что исключает риски утечки коммерчески ценной информации. Гибкая

настройка задержек и параллелизма позволяет адаптироваться к различным сайтам — от высоконагруженных маркетплейсов до ресурсов с агрессивной антибот-защитой. Многоуровневая архитектура обеспечивает лёгкость расширения функционала.

Однако система имеет ограничения: эффективность сбора зависит от стабильности работы целевых сайтов и их защиты от автоматических запросов; при значительном изменении структуры страниц может потребоваться перенастройка селекторов. В перспективе планируется расширение числа экспортных форматов, интеграция со средствами бизнес-аналитики и совершенствование механизмов обхода антибот-защиты.

Внедрение разработанной системы позволит сократить трудозатраты на мониторинг рынка, повысить оперативность обновления информации об ассортименте и ценах конкурентов, исключить зависимость от дорогостоящих облачных сервисов, что подтверждает практическую значимость и целесообразность разработки.

References

1. Парсинг данных: лучшие сервисы для веб-скрапинга [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.reg.ru/blog/parsing-dannyh-luchshie-servisy-dlya-veb-skrapinga/> (дата обращения: 01.08.2026).
2. Уколов А. Н. Веб-скрапинг: возможности, методы и инструменты [Электронный ресурс] // Молодой учёный. – 2024. – № 30 (529). – С. 29–31. – URL: <https://moluch.ru/archive/529/116859/> (дата обращения: 03.07.2026).
3. Web scraping вашего сайта: непрошенные гости и как их встречают [Электронный ресурс] // Хабр : блог компании Qrator Labs. – 2020. – URL: <https://habr.com/ru/company/qrator/blog/513014/> (дата обращения: 01.08.2026).
4. 15 топовых веб-скрапинг решений 2021 года [Электронный ресурс] // Хабр. – 2021. – URL: <https://habr.com/ru/articles/543760/> (дата обращения: 01.08.2026).
5. 30+ парсеров для сбора данных с любого сайта [Электронный ресурс] // Хабр. – 2020. – URL: <https://habr.com/ru/companies/click/articles/494020/> (дата обращения: 01.08.2026).
6. Парсинг сайтов: что это и как работает + 9 способов применения [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://q-parser.ru/blog/what-is-parsing> (дата обращения: 01.08.2026).
7. 12 парсеров для сбора данных с сайтов, которые можно использовать, не нарушая закон [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://www.unisender.com/ru/blog/parsery-dlya-sbora-dannyh-s-sajtov/> (дата обращения: 01.08.2026).

8. Андрюхин В. Парсинг HTML: как извлекать данные с сайта автоматически [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://workspace.ru/blog/parsing-html-kak-izvlekat-dannye-s-sayta-avtomaticheskii/> (дата обращения: 01.08.2026).

9. Яценко А. Парсинг сайта вместе с Python и библиотекой BeautifulSoup: простая инструкция в три шага [Электронный ресурс] // Skillbox Media: Код. – 2022. – URL: <https://skillbox.ru/media/code/parsing-sayta-vmeste-s-python-i-bibliotekoy-beautiful-soup-prostaya-instruktsiya-v-tri-shaga/> (дата обращения: 03.07.2026).

10. Корнелюк А. Что такое парсинг, и что о нём нужно знать маркетологам [Электронный ресурс]. – URL: <https://marquiz.ru/blog/chto-takoe-parsing/> (дата обращения: 03.07.2026).

11. Геоэффект бизнес: Идеальная локация для бизнеса за 5 минут [Электронный ресурс]. – URL: <https://business.mts.ru/moskva/geoeffekt-biznes> (дата обращения: 07.08.2026).

12. Что такое парсер: виды, задачи и настройка для сбора данных с сайтов [Электронный ресурс]. – URL: <https://journal.zennolab.com/data-parsing-how-to-parse-websites/> (дата обращения: 07.08.2026).

13. ParseHub: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.parsehub.com/> (дата обращения: 07.08.2026).

14. WebHarvy: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.webharvy.com/> (дата обращения: 07.08.2026).

15. Диггернаут: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.diggernaut.ru/> (дата обращения: 07.08.2026).

UDC 004.91

Bozhkevich Y.V., Fomin D.V. Development of an information system for recording archival files and documents

Разработка информационной системы учёта архивных дел и документов

Bozhkevich Yaroslav Vitalievich,

student, Amur State University, Blagoveshchensk

Fomin Denis Vasilyevich,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Security,
Amur State University, Blagoveshchensk

Божкевич Ярослав Витальевич,

студент, Амурский государственный университет, г. Благовещенск

Фомин Денис Васильевич,

канд. техн. наук, доцент кафедры информационной безопасности,

Амурский государственный университет, г. Благовещенск

Abstract. The goal is to develop an information system called "Archival Records Accounting" to ensure operational control over the physical location of paper documents and to eliminate the shortcomings of existing solutions.

Methods: functional requirements have been formulated, a role model has been defined (administrator, archivist, user with viewing rights), and the minimum hardware requirements have been established. The system is implemented on the .NET platform using C# and Windows Forms, and the database is maintained on Microsoft SQL Server. The following libraries were used: ZXing.NET (QR code generation and recognition), AForge.NET (image processing), and PdfSharp (printing form generation). The architecture is built on a three-tier principle (presentation, business logic, data). The results are the implementation of the main functions: document and case registration, assignment of statuses with color indication, case formation, generation and printing of QR codes for identifying storage units, maintaining an operations log with recording of all movements, filtering and searching by various criteria, and generating reports.

Conclusions – the developed solution enables real-time tracking of the movement of paper archival documents, reduces the time spent on searching for and issuing files, minimizes errors related to human factors, and also increases the transparency of accounting processes in the archive.

Keywords: information system, archival work, document accounting, automatic identification, QR code, database.

Аннотация. Цель – разработка информационной системы «Учёт архивных дел» для обеспечения оперативного контроля физического местоположения бумажных документов и устранения недостатков существующих решений.

Методы – сформулированы функциональные требования, определена ролевая модель (администратор, сотрудник архива, пользователь с правами просмотра) и минимальные аппаратные требования. Система реализована на платформе .NET с использованием C# и Windows Forms, база данных ведётся на Microsoft SQL Server. Применены библиотеки ZXing.NET (генерация и распознавание QR-кодов), AForge.NET (работа с изображениями) и PdfSharp (формирование печатных форм). Архитектура построена по трёхуровневому принципу (представление, бизнес-логика, данные).

Результаты – реализованы основные функции: регистрация документов и дел, присвоение статусов с цветовой индикацией, формирование дел, генерация и печать QR-кодов для идентификации единиц хранения, ведение журнала операций с фиксацией всех перемещений, фильтрация и поиск по различным критериям, формирование отчётности.

Выводы – разработанное решение позволяет оперативно отслеживать движение бумажных архивных документов, сокращать временные затраты на поиск и выдачу дел, минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором, а также повысить прозрачность учётных процессов в архиве.

Ключевые слова: информационная система, архивное дело, учёт документов, автоматическая идентификация, QR-код, база данных.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Введение. Традиционные бумажные документооборот и делопроизводство всё более широко и полноценно замещаются специализированными программными продуктами. Однако бумажные документы все ещё составляют заметную часть документооборота многих организаций. Поэтому обращение и архивное хранение бумажных документов всё ещё осуществляется в достаточно большом количестве организаций разного типа и профиля [1-5].

Стоит отметить, что хорошо организованная система хранения и поиска электронных документов позволяет значительно сократить затраты времени и сил сотрудников на поиск и обработку нужного документа. Поэтому задача создания систем эффективного хранения архивных документов, позволяющих быстро, просто и удобно находить, перемещать и отслеживать движение архивных документов является актуальной задачей [6-9].

При этом на отечественном рынке присутствуют программные продукты, предназначенные для решения этой задачи. Например, «1С: Документооборот» с модулем работы с архивными делами и систему электронного документооборота «ДЕЛО» [10-12]. Но эти программы имеют ряд заметных недостатков, снижающих удобство и эффективность их применения на практике.

Это позволило сделать вывод о актуальности разработки информационной системы (ИС), позволяющей эффективно устранять недостатки существующих решений по учёту и управлению архивными делами и документами.

Методы. На основе обзора существующие программных продуктов и технологий автоматической идентификации, можно сформулировать требования, которым должна соответствовать информационная система, обеспечивающая более эффективный учёт и работу с архивными делами документами [5-15].

В частности, такая ИС должна обладать следующими свойствами:

1. возможность потенциальной интеграции с другими информационными системами и системами электронного документооборота;
2. возможность расширения и масштабирования (поддержка дополнительных рабочих мест, использования нескольких серверов);
3. возможность расширения списка функций программного продукта;
4. поддержка технологий автоматической идентификации (главным образом QR-кодов);
5. обеспечение ведения учёта документов и архивных дел в единой базе данных;

6. возможность просмотра, поиска, добавления, редактирования и удаления записей о документах и архивных делах;
7. формирование и хранение архивных дел на основе поступающих документов;
8. назначение и изменение статусов документов и архивных дел (например: на хранении, выдан, утерян, уничтожен);
9. автоматическое ведение журнала операций пользователей с фиксацией всех действий в системе;
10. визуальное выделение записей в зависимости от статуса и срока хранения;
11. разграничение доступа пользователей в зависимости от роли в системе;
12. возможность учёта выдачи архивных дел с фиксацией получателя;
13. поддержка операций возврата, утери, переработки и уничтожения архивных дел;
14. интеграция с печатью и экспортом QR-кодов;
15. формирование отчётов.

Для работы такой информационной системы потребуются:

1. персональные компьютеры сотрудников архива;
2. сервер или рабочую станцию для размещения базы данных;
3. принтер для печати QR-кодов;
4. устройства считывания QR-кодов (сканеры или веб-камеры).

При этом персональные компьютеры должны удовлетворять следующим аппаратным требованиям:

1. оперативная память не менее 2 ГБ;
2. свободное место на диске не менее 512 МБ;
3. процессор Intel или AMD с тактовой частотой не ниже 1 ГГц;
4. монитор с разрешением не менее 1024×768;
5. операционная система Windows 10 или Windows 11;
6. установленная платформа .NET.

Указанные требования являются минимальными и должны обеспечить стабильную работу программного обеспечения при выполнении основных операций.

Результаты. В процессе разработки были определены основные роли пользователей системы: 1) администратор – управление пользователями, настройка системы и контроль доступа; 2) сотрудник архива – регистрация документов, генерация и считывание QR-кодов, изменение статусов и местоположения документов; 3) пользователь с правами просмотра – поиск и просмотр информации о документах без возможности редактирования. Данная роль может предоставляться проверяющим во время аудита для снижения риска случайного изменения информации. Также права

просмотра могут выдаваться стажёрам или новым работникам для изучения рабочих процессов и состояния архива.

Для реализации информационной системы была выбрана платформа Microsoft .NET и язык C# и технологией Windows Forms, что обеспечивает тесную интеграцию с ОС Windows и высокую производительность клиентского приложения. Управление базой данных реализовано на Microsoft SQL Server. Используются дополнительные библиотеки: ZXing.NET для генерации и распознавания QR-кодов, AForge.NET для работы с видеоустройствами (веб-камерами) и PdfSharp для формирования отчётов.

Архитектура приложения построена по принципу трёхуровневой модели: уровень представления, уровень бизнес-логики и уровень доступа к данным. Основной формой является главное окно с вкладками для работы с делами, документами, отчётами и административными настройками.

Запуск приложения осуществляется через исполняемый файл программы «DocumentArchive.exe». Для начала работы необходимо пройти процедуру входа. В окне входа пользователь вводит логин и пароль, выданные администратором системы. После ввода учетных данных необходимо нажать кнопку «Войти».

В случае успешного входа, информационная система определяет роль пользователя. Рассмотрим некоторые основные возможности, доступные для пользователя с ролью «сотрудник архива». После успешной аутентификации отображается главное окно приложения, показанное на рис. 1.

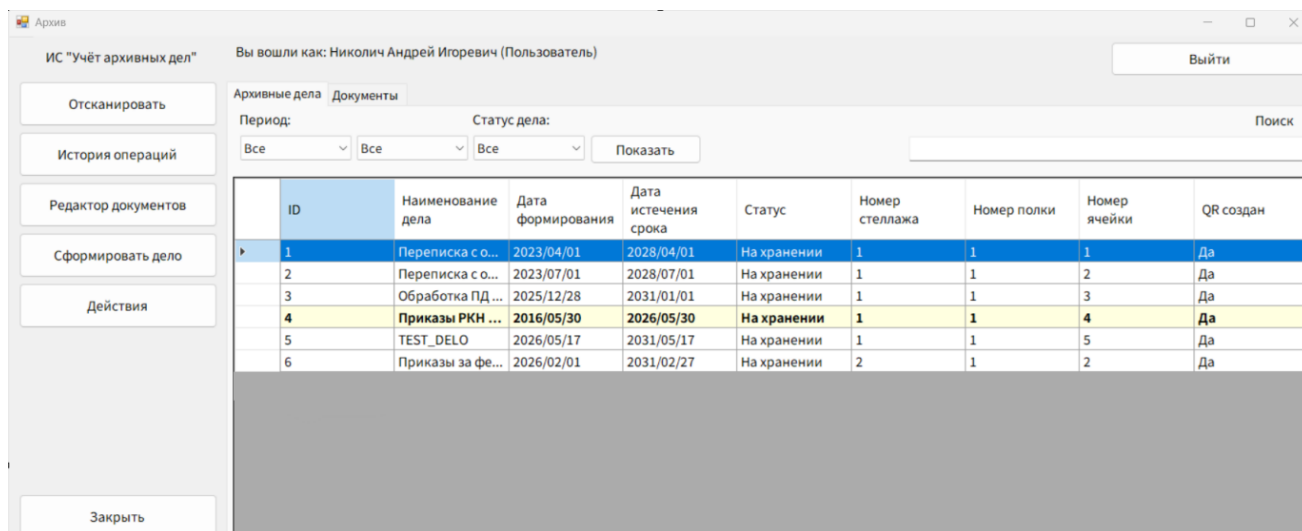


Рис. 1 – Главное окно ИС «Учёт архивных дел»

Главное окно программы представляет собой основное меню системы и обеспечивает доступ к основным функциям работы с архивными делами и документами. В верхней части окна указано, под именем какого сотрудника осуществлен вход и какую роль он имеет в системе. По кнопке «Выйти» выполняется завершение текущего сеанса работы и возврат на форму входа.

Основная часть формы занята панелью со вкладками, где представлены две основные категории данных, с которыми работает система – архивные дела и документы. В таблицах отображаются архивные дела с их физическим местоположением. Для удобной работы каждая запись может быть окрашена в определенный цвет в зависимости от статуса дела или документа:

1. желтый – срок хранения истекает в течении следующих 30 дней;
2. красный – срок хранения истек и дело или документ подлежит утилизации;
3. голубой – выдано из места хранения для работы сотруднику организации;
4. темно-серый – утеряно;
5. зеленый – в переработке.

Наличие фильтров сверху таблицы позволяет быстро сократить спектр поиска необходимого дела и быстро узнать его местоположение. Также в правой части имеется элемент «Поиск», оформленный в виде «TextBox», что позволяет искать дело по названию.

Вкладка «Документы» предоставляет схожий функционал, но имеет более расширенные фильтры. Аналогично архивным делам, документы помечаются цветом в зависимости от их статуса. Открытая вкладка «Документы» представлена на рис. 2.

Чтобы добавить документ, нужно нажать по кнопке «Редактор документов» в главном меню, после чего откроется форма редактора (рис. 3).

В форме редактора возможно создание новых документов и удаление выбранных. Чтобы создать новый документ, необходимо заполнить соответствующие поля. С помощью кнопки «Загрузить PDF» откроется меню загрузки, и программа автоматически заполнит часть данных. После заполнения, нажав «Сохранить» документ добавляется в архив.

Вы вошли как: Николич Андрей Игоревич (Пользователь) Выйти

Архивные дела **Документы**

Период: Статус: Подразделение: Тип:

ID	Субъект	Наименование	Дата поступления	Количество листов	Статус	Подразделение	QR создан	Хранить до	Архивное дело	Дата истечения срока	Статус дела
1	ООО "Тех...	Переписк...	2023/01/30	7	В архивн...	Отдел по з...	Да	2028/01/30	Переписк...	2028/04/01	На хранен...
2	ООО "Тех...	Переписк...	2023/02/28	18	В архивн...	Отдел по з...	Нет	2028/02/28	Переписк...	2028/04/01	На хранен...
3	ООО "Тех...	Переписк...	2023/03/30	11	В архивн...	Отдел по з...	Нет	2028/03/30	Переписк...	2028/04/01	На хранен...
4	ООО "Тех...	Переписк...	2023/04/30	8	В архивн...	Отдел по з...	Нет	2028/04/30	Переписк...	2028/07/01	На хранен...
5	ОАО Элек...	Уведомле...	2025/01/09	5	Вне дела	Отдел по з...	Да	2030/01/09			
6	ОАО Элек...	Уведомле...	2025/05/13	8	В архивн...	Отдел по з...	Нет	2030/05/13	Обработ...	2031/01/01	На хранен...
7	ОАО Элек...	Уведомле...	2025/11/27	12	В архивн...	Отдел по з...	Нет	2030/11/27	Обработ...	2031/01/01	На хранен...
8	Роскомн...	Приказ Р...	2016/05/23	31	В архивн...	Руководс...	Нет	2026/05/23	Приказы ...	2026/05/30	На хране...
12	Роскомна...	TEST	2026/05/17	4	В архивн...	Руководст...	Нет	2031/05/17	TEST_DELO	2031/05/17	На хранен...
13	Роскомна...	TEST2	2026/05/17	7	На хране...	Руководст...	Нет	2031/05/17			
14	Роскомна...	TEST3	2026/05/17	87	В архивн...	Руководст...	Нет	2031/05/17	TEST_DELO	2031/05/17	На хранен...
15	Роскомна...	Приказ №...	2022/07/28	4	На хране...	Руководст...	Нет	2032/07/28			

Рис. 2. – Вкладка «Документы»

Редактор документов

Основная информация

Наименование:

Дата поступления:

Количество листов:

Дополнительные сведения

Вид документа:

Подразделение:

Статус:

Субъект:

Архивное дело:

Место для QR

ID документа	Наименов.	Дата поступлен	Количество листов	Значение QR	Время создания QR	Вид документа	Субъект	Архивное дело	Статус дела	Подраздел	Статус
1	Переписк...	30.01.2023	7	Docume...	17.05.20...	Переписк...	ООО "Тех...	Переписк...	На хране...	Отдел по...	В архивн...
2	Переписк...	28.02.2023	18			Переписк...	ООО "Тех...	Переписк...	На хране...	Отдел по...	В архивн...
3	Переписк...	30.03.2023	11			Переписк...	ООО "Тех...	Переписк...	На хране...	Отдел по...	В архивн...
4	Переписк...	30.04.2023	8			Переписк...	ООО "Тех...	Переписк...	На хране...	Отдел по...	В архивн...
5	Уведомл...	09.01.2025	5	56	09.01.20...	Уведомл...	ОАО Эле...			Отдел по...	Вне дела
6	Уведомл...	13.05.2025	8			Уведомл...	ОАО Эле...	Обработ...	На хране...	Отдел по...	В архивн...
7	Уведомл...	27.11.2025	12			Уведомл...	ОАО Эле...	Обработ...	На хране...	Отдел по...	В архивн...

Рис. 3 – Окно «Редактор документов»

По умолчанию дело не снабжается собственным QR-кодом, но для особо важных документов такая функция предусмотрена – выбрав строку с нужным документом в таблице необходимо нажать «Сгенерировать QR», после чего он отобразится в левой части формы, а в документе заполнятся поля, связанные с меткой (рис. 4).

После генерации QR его необходимо распечатать. По нажатию кнопки «Распечатать QR» появляется форма в печати с дополнительными настройками. После печати QR-код наклеивается на документ, что в дальнейшем позволяет значительно ускорить поиск информации о нем с помощью сканирования.

ID документа	Наименование	Дата поступления	Количество листов	Значение QR	Время создания QR	Вид документа	Субъект	Архивное дело	Статус дела	Подраздел	Статус
14	ТЕСТ3	17.05.2026	87			Докумен...	Роскомн...	TEST_DE...	На хране...	Руковод...	В архивн...
15	Приказ ...	28.07.2022	4			Внутрен...	Роскомн...			Руковод...	На хране...
16	Приказ ...	24.02.2021	7			Внутрен...	Роскомн...	Приказ...	На хране...	Руковод...	В архивн...
17	Перепис...	30.04.2022	16			Перепис...	ООО "Тех...			Отдел по...	Вне дела
18	Тестовое...	17.05.2026	31			Неклас...	ИП Вале...			Руковод...	Вне дела
21	Приказ ...	27.02.2021	8	Docume...	18.05.20...	Внутрен...	Роскомн...	Приказ...	На хране...	Руковод...	В архивн...
22	Постано...	13.03.2026	5	Docume...	23.05.20...	Внутрен...	Роскомн...			Руковод...	На хране...

Рис. 4 – Результат добавления QR-кода

Для удаления выбранного документа необходимо выделить его и нажать кнопку «Удалить», после чего документ будет удалён из базы. При этом документы могут обрабатываться как отдельные самостоятельные единицы учёта, хранения и обработки, так и в составе совокупностей – архивных дел.

Для формирования дела на главной форме следует нажать на кнопку «Сформировать дело», после чего откроется специальный редактор дел. В редакторе дел предусмотрены две вкладки – «Создание дела» для создания нового из документов, и «Редактирование дела», позволяющее извлечь документы из существующего.

Также сотрудники архива могут осуществлять множество действий с документами и делами. Для этого была создана форма «Действия», доступная по кнопке из главного меню. Например, в ней возможно изменить статус дела в зависимости от его текущего состояния:

1. на хранении;
2. выдано (указывается получивший сотрудник или иное лицо);
3. утеряно;
4. найдено (возвращает исходное состояние);
5. на переработке (помечается в системе автоматически);
6. уничтожено (если срок хранения истек и дела больше не существует физически);
7. удалено (в случае ошибочного ввода данных).

Также пользователю с ролью «сотрудник архива» доступно выполнения некоторых других действий, включая формирование целого ряда отчётов в отдельном окне информационной системы.

Обсуждение. В ходе выполнения работы была разработана информационная система «Учёт архивных дел», предназначенная для эффективного учёта и управления бумажными архивными документами и архивными делами. Актуальность создания такой системы обусловлена сохранением значительного объёма бумажных носителей в документообороте организаций и недостаточной функциональностью существующих программных решений в части учёта физического местоположения документов и поддержки их автоматической идентификации.

На основе обзора существующих аналогичных программных продуктов и технологий идентификации (штрихкоды, QR-коды, RFID-метки) в качестве оптимального инструмента выбраны QR-коды, обеспечивающие низкую стоимость внедрения, простоту использования и возможность считывания стандартными устройствами [7-9]. Разработанная ИС реализована на платформе .NET с использованием C# и Windows Forms, база данных ведётся на Microsoft SQL Server. Система предоставляет весь необходимый набор функций: регистрацию и учёт документов и дел, формирование архивных дел, назначение статусов с цветовой индикацией, ведение журнала операций, разграничение прав доступа для трёх ролей пользователей, генерацию и печать QR-кодов, а также формирование отчётности.

Предложенное решение позволяет оперативно находить, перемещать и отслеживать движение бумажных документов, сокращая временные затраты сотрудников и минимизируя риски ошибок, связанных с человеческим фактором. Система отличается модульностью и масштабируемостью, что даёт возможность её адаптации под нужды различных организаций – как коммерческих, так и государственных. Таким образом, разработанная ИС вносит практический вклад в создание прозрачной и технологичной среды управления архивными фондами, сочетающей традиционные методы хранения с современными средствами автоматизации.

References

1. Приказ Росархива от 20.12.2019 N 236 «Об утверждении Перечня типовых управленческих архивных документов, образующихся в процессе деятельности государственных органов, органов местного самоуправления и организаций, с указанием сроков их хранения» (Зарегистрировано в Минюсте России 06.02.2020 N 57449).

2. Захарова, Н. А. Государственные, муниципальные архивы и архивы организаций: учебник / Н. А. Захарова. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 166 с.
3. Топ-8 систем для хранения электронных документов [Электронный ресурс] // Хабр. — 2026. — URL: <https://habr.com/ru/companies/directum/articles/1022872/> (дата обращения: 03.08.2026).
4. Гулец А.С. Информатизация архивной сферы: проблемы и перспективы // Сборники конференций НИЦ Социосфера. — 2022. — № 16. — С. 26-27.
5. Лучшие системы электронных архивов документов в 2026 году [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.kp.ru/money/biznes/luchshie-sistemy-ehlektronnykh-arkhivov-dokumentov/> (дата обращения: 05.08.2026).
6. База знаний ЦТ: Подсистема «Архивное дело» [Электронный ресурс]. — URL: https://wikidigital.sakha.gov.ru/ru/education/information_systems/esed/archive (дата обращения: 05.08.2026).
7. СХЭД и Архивное дело [Электронный ресурс]. — URL: <https://elma365.com/ru/products/ecm/archiving/> (дата обращения: 05.08.2026).
8. "АРХИВНОЕ ДЕЛО" - система автоматизации учета документов архивного фонда [Электронный ресурс]. — URL: <https://cs-consult.ru/products/archdelo> (дата обращения: 05.08.2026).
9. «Архивное дело» – система автоматизации учета документов архивного фонда [Электронный ресурс]. — URL: https://eos.ru/eos_products/eos_archive_delo/arhivnoe-del/ (дата обращения: 05.08.2026).
10. 1С: Архив: страница продукта на сайте платформы 1С. – 2026 [Электронный ресурс]. — URL: <https://v8.1c.ru/archive/> (дата обращения: 05.08.2026).
11. 1С: Архив: страница продукта в каталоге 1С. – 2026 [Электронный ресурс]. — URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/archive> (дата обращения: 05.08.2026).
12. СЭД «ДЕЛО»: официальный сайт. — 2026 [Электронный ресурс]. — URL: https://eos.ru/eos_products/eos_delo/sed-delo/ (дата обращения: 07.08.2026).
13. ГОСТ Р ИСО/МЭК 18004-2015 Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных. Спецификация символики штрихового кода QR Code.
14. Власов М. RFID: 1 технология – 1000 решений: Практические примеры использования RFID в различных областях. – М.: Альпина Паблишер, 2014. – 218 с.
15. Финкенцеллер К. Справочник по RFID. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. – 496 с.

UDC 004.91

Piskunov R.B., Fomin D.V. The task of registering and recording applications in the IT-department

Задача регистрации и учёта заявок в ИТ-отделе

Piskunov Roman Borisovich,

student, Amur State University, Blagoveshchensk

Fomin Denis Vasilyevich,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Security,
Amur State University, Blagoveshchensk

Пискунов Роман Борисович,

студент, Амурский государственный университет, г. Благовещенск

Фомин Денис Васильевич,

канд. техн. наук, доцент кафедры информационной безопасности,

Амурский государственный университет, г. Благовещенск

Abstract. *The goal of the work is to justify the need to create our own software solution for automating the tracking and processing of technical requests in IT departments of organizations operating in conditions of active digitalization and an increasing number of equipment failures.*

The methods include an analysis of the typical request processing workflow (registration, assignment, resolution, closure), identification of the key goals for implementing a specialized system (request registration, user notification, failure analysis, improving service quality), as well as a comparative review of two common solutions – the open-source GLPI system and the Russian commercial platform HelpDeskEddy – based on the criteria of functionality, cost, deployment method, and compliance with the register of domestic software.

The results showed that manual accounting via phone calls does not ensure manageability or the accumulation of statistics, and existing systems have significant limitations: GLPI requires highly qualified administrators and is not included in the register of the Ministry of Digital Development; HelpDeskEddy offers either cloud deployment with loss of control over data or a paid subscription that creates an additional financial burden.

The conclusions justify the feasibility of developing a local software product that combines basic request management functionality, ease of implementation and administration, low cost of ownership, and the possibility of inclusion in the register of domestic software. This solution will improve the reliability of the IT infrastructure, optimize the workload of specialists, and create a basis for planning equipment purchases and repairs based on failure analysis.

Keywords: information system, technical support, accounting automation, request tracking, inquiry tracking.

Аннотация. *Цель работы – обоснование необходимости создания собственного программного решения для автоматизации учёта и обработки технических заявок в ИТ-отделах организаций, функционирующих в условиях активной цифровизации и роста числа сбоев оборудования.*

Методы включают анализ типового процесса обработки обращений (регистрация, назначение, устранение, закрытие), определение ключевых целей внедрения специализированной системы (регистрация заявок, информирование пользователей, аналитика отказов, повышение качества обслуживания), а также сравнительный обзор двух распространённых решений – открытой системы GLPI и российской коммерческой платформы HelpDeskEddy – по критериям функциональности, стоимости, способа развёртывания и соответствия реестру отечественного ПО.

Результаты показали, что ручной учёт через телефонные звонки не обеспечивает управляемости и накопления статистики, а существующие системы имеют существенные ограничения: GLPI требует высокой квалификации администраторов и отсутствует в реестре Минцифры; HelpDeskEddy предлагает либо облачное развёртывание с потерей контроля над данными, либо платную подписку, создающую дополнительную финансовую нагрузку.

***Выводы** обосновывают целесообразность разработки локального программного продукта, сочетающего базовый функционал управления заявками, простоту внедрения и администрирования, низкую стоимость владения и возможность включения в реестр отечественного ПО. Такое решение позволит повысить надёжность ИТ-инфраструктуры, оптимизировать нагрузку на специалистов и создать основу для планирования закупок и ремонта оборудования на основе аналитики отказов.*

***Ключевые слова:** информационная система, техническая поддержка, автоматизация учёта, учёт заявок, учёт обращений.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Введение. Активная цифровизация всех сфер деятельности приводит к неуклонному росту количества программного обеспечения и компьютерного оборудования в организациях. Отказ любого элемента ИТ-инфраструктуры напрямую сказывается на продуктивности работы, что делает службу технической поддержки критически важным звеном. В большинстве учреждений учёт обращений о неполадках ведётся вручную — преимущественно через телефонные звонки, без формализованной регистрации и последующей аналитики. Такой подход не позволяет обеспечить управляемость процессов, равномерно распределять нагрузку на специалистов и накапливать статистику отказов для обоснованного планирования закупок и ремонтов [1, 2]. При этом рыночные предложения по автоматизации заявок часто оказываются избыточно сложными, дорогими или неадаптированными под специфику конкретной организации. В связи с этим актуальной задачей является создание собственного программного продукта, который позволит перевести работу ИТ-отдела на качественно новый уровень и повысить надёжность ключевых сервисов.

Методы. В качестве объекта исследования выбран процесс обработки технических заявок, который представляет собой последовательность этапов: регистрация запроса на устранение проблемы; анализ и назначение (фиксация элементов конфигурации, расчёт приоритета, постановка в очередь); непосредственная работа над сбоем (возможность переназначения, управления очередями); эскалация на более высокий уровень поддержки при нехватке времени или компетенций; устранение инцидента силами специалиста или автоматически; подтверждение закрытия заявки пользователем либо её повторное открытие.

Для систематизации этих этапов определены ключевые цели внедрения специализированной системы: регистрация всех обращений с фиксацией пользователя, категории и ответственного; информирование заявителей о статусе их заявок; накопление данных для анализа частоты и типов запросов, выявления проблемных узлов инфраструктуры; повышение качества обслуживания за счёт чёткой организации процесса.

В работе рассматриваются два основных класса программных решений: Help Desk и Service Desk [3-7]. Service Desk представляет собой более широкую IT-систему, охватывающую помимо технической поддержки контроль качества сервисов, отчётность, анализ корневых причин инцидентов и проактивное управление IT-процессами. Выбор конкретного подхода зависит от масштабов и задач организации [7, 8].

Help Desk ориентирован на приём, регистрацию, маршрутизацию и обработку пользовательских обращений (внутренних или внешних), обеспечивая автоматизацию работы службы поддержки [9-12].

Для сравнительного анализа были отобраны два представительных продукта: открытая система управления активами и заявками GLPI (с возможностью доработки) и российская коммерческая платформа HelpDeskEddy (предлагающая облачное и коробочное развёртывание). Оценка проводилась по критериям функциональности, стоимости, сложности внедрения, способа развёртывания и соответствия требованиям к отечественному ПО.

Результаты. Анализ показал, что ручной учёт через телефонные звонки не обеспечивает ни управляемости, ни накопления статистики. Существующие коммерческие и открытые системы имеют значительные ограничения.

GLPI — бесплатное решение с открытым исходным кодом, поддерживает полный цикл заявок и автоматический расчёт приоритета на основе срочности и влияния. Однако оно требует высокой квалификации администраторов для развёртывания и сопровождения, а также не входит в реестр отечественного ПО Минцифры (проект французской разработки), что делает его неприемлемым для государственных учреждений [13, 14].

HelpDeskEddy — российская система, что формально допускает её использование в госорганах. Предлагает два варианта развёртывания: облачный (данные хранятся на серверах провайдера, что лишает организацию прямого контроля и создаёт зависимость от внешнего поставщика) и локальный («коробочный»). При этом продукт распространяется по подписной модели, что влечёт регулярные финансовые затраты, особенно ощутимые для бюджетных учреждений [15].

Таким образом, ни одна из рассмотренных систем в полной мере не удовлетворяет требованиям небольшого IT-отдела: GLPI — из-за сложности и отсутствия в реестре, HelpDeskEddy — из-за потери контроля над данными (в облаке) или дополнительных расходов (при локальной установке). Многие другие тиражные решения также страдают избыточной функциональностью, сложностью настройки или не учитывают внутренние регламенты учреждений.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости разработки собственного локального программного обеспечения для управления техническими заявками. Такое решение должно сочетать базовый, но достаточный функционал (регистрация, назначение, отслеживание статусов, формирование отчётности) с простотой внедрения и администрирования, чтобы не требовать штата высококвалифицированных инженеров. Локальное развёртывание обеспечит полный контроль над данными и независимость от внешних провайдеров, а отсутствие подписочной модели минимизирует эксплуатационные расходы.

Особое внимание необходимо уделить возможности включения разработанного продукта в реестр отечественного ПО — это критичное условие для государственных и бюджетных организаций. Внедрение собственной системы позволит не только повысить эффективность работы ИТ-отдела, оптимизировать загрузку специалистов и сократить время решения инцидентов, но и создать аналитическую базу для планирования закупок и ремонтов на основе реальной статистики отказов. В конечном счёте, это повысит надёжность всей ИТ-инфраструктуры и качество обслуживания всех подразделений организации, что подтверждает целесообразность дальнейшей разработки в выбранном направлении.

References

1. Система управления заявками: что такое, как внедрить и эффективно использовать [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://simpleone.ru/blog/request-management-system-from-it-best-practices-to-a-universal-business-tool> (дата обращения: 16.04.2026).
2. Как система управления заявками помогает в работе HR, АХО и бухгалтерии [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: https://www.directum.ru/blog-post/kak_sistema_upravlenija_zajavkami_pomogaet_v_rabote_hr_akho_i_bukhgalterii (дата обращения: 15.04.2026).
3. Service Desk и Help Desk отличия [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://service.elma365.com/articles/service-desk-or-help-desk/> (дата обращения: 17.04.2026).
4. Service Desk или Help Desk. Как правильно выбрать? Основные отличия [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: <https://habr.com/ru/articles/737900/> (дата обращения: 17.04.2026).
5. Система обработки заявок пользователей (Helpdesk) [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://infostart.ru/1c/tools/2543106/> (дата обращения: 01.07.2026).

6. Система контроля исполнения заявок в 1С:Управление холдингом 8: принципы построения и ключевые возможности [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://upravlenie-kholdingom.ru/blog/sistema-kontrolja-ispolnenija-zajavok-v-1c-upravlenie-holdingom-8-principy-postroenija-i-kljuchevye-vozmozhnosti/> (дата обращения: 01.07.2026).

7. Что такое Service Desk (сервис деск): простое объяснение, функции системы и как выбрать решение [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://okdesk.ru/blog/servicedesk/> (дата обращения: 01.07.2026).

8. Service Desk: что такое служба поддержки и как внедрить её в компанию [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://360.yandex.ru/blog/business/service-desk-cto-takoe-sluzhba-podderzhki-i-kak-vnedrit-eyo-v-kompaniyu/> (дата обращения: 01.07.2026).

9. Что такое Help Desk [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: https://www.naumen.ru/products/service_desk/whats_help_desk/ (дата обращения: 01.07.2026).

10. Help Desk система: что это и зачем она нужна вашей компании? [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://okdesk.ru/blog/cto-takoe-help-desk/> (дата обращения: 01.07.2026).

11. Help Desk — что это такое и как он помогает бизнесу [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://usedesk.ru/blog/helpdesk> (дата обращения: 01.07.2026).

12. Топ 10: Helpdesk системы для поддержки клиентов [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://www.helpdeski.ru/tools/servicedesk/> (дата обращения: 20.04.2026).

13. Введение в GLPI: Основные концепции и возможности [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://gazeta-pro.ru/glpi/vvedenie-v-glpi-osnovnye-koncepcii-i-vozmozhnosti/> (дата обращения: 07.04.2026).

14. Manage tickets Help Center GLPI [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://help.glpi-project.org/documentation/modules/assistance/tickets/ticket-management> (дата обращения: 20.04.2026).

15. HelpDeskEddy – порядок в работе с обращениями [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://helpdeskeddy.ru/> (дата обращения: 20.04.2026).

UDC 004.91

Savelyev R.A., Fomin D.V. The task of automated accounting and key issuance

Задача автоматизированного учёта и выдачи ключей

Savelyev Roman Andreevich,

student, Amur State University, Blagoveshchensk

Fomin Denis Vasilyevich,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Security,
Amur State University, Blagoveshchensk

Савельев Роман Андреевич,

студент, Амурский государственный университет, г. Благовещенск

Фомин Денис Васильевич,

канд. техн. наук, доцент кафедры информационной безопасности,

Амурский государственный университет, г. Благовещенск

Abstract. The goal is to justify the need to automate the accounting and control of access to keys in organizations with a distributed facility infrastructure and to formulate requirements for a new solution.

Methods – analysis of the disadvantages of traditional manual accounting through a responsible employee (queues, registration errors, violations of regulations, inefficiency in remote rooms); consideration of the technological principles of electronic housekeepers (physical, logical and communication levels, types of sensors and authentication methods); comparative evaluation of two commercial systems – ACS Parsec and Ecos intelligent security complexes – software the criteria of cost of ownership, complexity of installation and configuration, scalability, integration capabilities and dependence on the manufacturer.

The results show that the manual method does not ensure manageability and transparency, leads to delays, and creates conditions for violations; the products under consideration have broad functionality and reliability, but they are expensive (licenses, technical support, equipment), require qualified personnel for installation and maintenance, are characterized by the complexity of integration, and involve a strict vendor dependency, which limits their use in budget organizations.

The conclusions are that it is advisable to develop our own software and hardware solution that will ensure automated issuance, reception, and registration of keys, with user identification and electronic logging. The solution should be easy to deploy, adaptable to the specific needs of the enterprise, and have a low cost, which will make it possible to implement it in a wide range of organizations with limited resources.

Keywords: information system, electronic accounting systems, electronic key holder, physical access management, physical access control.

Аннотация. Цель – обоснование необходимости автоматизации учёта и контроля доступа к ключам в организациях с распределённой инфраструктурой помещений и формулирование требований к новому решению.

Методы – анализ недостатков традиционного ручного учёта через ответственного сотрудника (очереди, ошибки регистрации, нарушения регламентов, неэффективность при удалённых помещениях); рассмотрение технологических принципов электронных ключниц (физический, логический и коммуникационный уровни, типы датчиков и способы аутентификации); сравнительная оценка двух коммерческих систем – СКУД Parsec и комплексов Ecos intelligent security – по критериям стоимости владения, сложности монтажа и настройки, масштабируемости, интеграционных возможностей и зависимости от производителя.

Результаты – ручной метод не обеспечивает управляемости и прозрачности, приводит к задержкам и создаёт предпосылки для нарушений; рассмотренные продукты обладают широкой функциональностью и надёжностью, однако имеют высокую стоимость (лицензии, техподдержка, оборудование), требуют квалифицированного персонала для установки и сопровождения, отличаются сложностью интеграции и жёсткой привязкой к вендору, что ограничивает их применение в бюджетных организациях.

Выводы – целесообразна разработка собственного программно-аппаратного решения, которое обеспечит

автоматизированную выдачу, приём и регистрацию ключей с идентификацией пользователей и ведением электронного журнала, при этом будет простым в развёртывании, адаптируемым под специфику предприятия и иметь низкую себестоимость, что позволит внедрить его в широком круге организаций с ограниченными ресурсами.

***Ключевые слова:** информационная система, электронные системы учёта, электронная ключница, управление физическим доступом, контроль физического доступа.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Введение. В организациях с распределённой инфраструктурой доступ к помещениям является повседневной необходимостью, однако его организация сопряжена с рядом трудностей: большое число комнат, их территориальная разобщённость, а также жёсткие требования к регистрации и контролю. Традиционная практика учёта ключей через ответственного сотрудника с ведением бумажного журнала приводит к серьёзным недостаткам. В «часы пик» возникают очереди и задержки, неизбежны ошибки при записи времени выдачи/возврата, возможны злоупотребления (выдача без регистрации, несанкционированная передача ключей) [1-4].

Кроме того, удалённое расположение помещений от поста охраны заставляет сотрудников тратить время на возврат или получение ключей, а при необходимости доступа к множеству кабинетов они вынуждены либо постоянно обращаться к охране, либо носить громоздкие связки, что неудобно и снижает эффективность работы. Внедрение системы автоматизированного учёта и выдачи ключей на основе электронных ключниц позволяет решить эти проблемы в тех случаях, когда установка полноценных электронных замков с биометрией или персональными идентификаторами экономически или технически нецелесообразна.

Методы. В качестве основного метода решения рассматривается создание сети электронных ключниц, размещённых в различных точках зданий организации. Электронная ключница представляет собой программно-аппаратное устройство для автоматизированного хранения, выдачи, приёма и учёта ключей или иных малых объектов. В отличие от механических аналогов (ящиков, шкафов, стенов), она обеспечивает идентификацию пользователя, фиксацию времени и даты операции, контроль возврата и ведение электронного журнала событий.

Независимо от модельного ряда (от настольных на 10 ячеек до шкафных на 200 слотов), работа ключницы строится на трёх уровнях: физическом, логическом и коммуникационном. На физическом уровне каждый ключ или связка хранится в отдельной ячейке, запираемой электромеханическим, магнитным или иным замком. По

команде контроллера замок открывается, и пользователь получает доступ. Для фиксации возврата применяются датчики наличия ключа: микропереключатели, оптические датчики или RFID-метки на брелоках [5–9].

На логическом уровне реализована аутентификация пользователей с использованием одного или нескольких способов: RFID-карты, биометрия (отпечаток пальца, лицо), логин/пароль, мобильное приложение или QR-код. После успешной авторизации система проверяет права доступа и при наличии разрешения открывает нужную ячейку, фиксируя все действия в журнале.

Коммуникационный уровень определяет способ управления и мониторинга: автономные устройства (вся логика внутри, журнал выгружается по USB/Ethernet), сетевые (подключены к локальной сети, взаимодействуют с сервером, позволяют удалённо управлять правами и получать уведомления) и облачные (передача данных через интернет, удобны для территориально распределённых объектов) [5–9].

Результаты. Проведён обзор двух коммерческих решений, представленных на российском рынке. СКУД Parsec (ООО «НПО Релвест») — комплекс на основе станций считывания, контроллеров и серверного ПО. Система обеспечивает контроль доступа, учёт перемещений сотрудников, формирование отчётов. Преимущества: широкие возможности управления допусками, высокая скорость считывания, надёжность и удобство. Однако выявлены существенные недостатки [10–12]:

1. высокая стоимость владения (лицензии, серверное оборудование, регулярная техподдержка);
2. сложность масштабирования и интеграции (требуется привлечение разработчика, что удорожает и затягивает проекты);
3. сложность монтажа и настройки (прокладка линий, глубокая конфигурация, квалифицированный персонал);
4. жёсткая привязка к производителю (экосистема замкнута, ограничен выбор оборудования сторонних вендоров).

Системы компании Ecos intelligent security — комплексы администрирования и хранения ключей. Достоинства: высокопрочные материалы, высокая надёжность, интеграция с пожарной и охранной сигнализацией, возможность автономного питания. Главный недостаток — высокая стоимость продукции [13–15].

Таким образом, оба рассмотренных продукта обладают развитой функциональностью, но их высокая цена и сложность внедрения делают их малодоступными для организаций с ограниченным бюджетом, особенно при необходимости быстрой адаптации под специфические задачи.

Обсуждение. Полученные результаты позволяют констатировать, что

традиционный ручной учёт ключей не отвечает современным требованиям эффективности и безопасности, а внедрение электронных ключниц становится объективной необходимостью в условиях, когда полномасштабная система электронных замков нецелесообразна. Однако представленные на рынке коммерческие продукты имеют серьёзные ограничения: высокая стоимость владения, сложность монтажа и настройки, жёсткая зависимость от поставщика, что препятствует их широкому использованию, особенно в бюджетных организациях.

Это делает целесообразной разработку собственного программно-аппаратного решения, которое должно сочетать базовые функции автоматизированного контроля, выдачи, приёма и регистрации ключей с простотой внедрения, низкой себестоимостью и достаточной защитой от неправомерного доступа. Такое решение позволит гибко адаптироваться под конкретные условия предприятия, снизить эксплуатационные расходы и повысить общую эффективность системы контроля доступа. Дальнейшая работа предполагает проектирование и создание прототипа, удовлетворяющего указанным требованиям.

References

1. Бирюков А. Управление доступом в организациях [Электронный ресурс] // Хабр : блог компании OTUS. – 2024. – URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/831964/> (дата обращения: 13.04.2026).
2. Брагин Д. Контроль и управление доступом к ресурсам: лучшие практики для предприятий [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://www.cleverence.ru/articles/promyshlennaya-avtomatizatsiya/-kontrol-i-upravlenie-dostupom-luchshie-praktiki-dlya-predpriyatij/> (дата обращения: 13.04.2026).
3. Система контроля и управления доступом: как выбрать СКУД для предприятия [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.officemag.ru/info/guide/index.php?ID=14538167> (дата обращения: 13.04.2026).
4. Как организовать пропускной режим в офисе, бизнес-центре или на предприятии [Электронный ресурс]. – URL: <https://topaz24.ru/articles/kak-organizovat-propusknoj-rezhim-v-ofise,-biznes-czentre-ili-na-predpriyatii> (дата обращения: 13.04.2026).
5. Постаматы, шкафы с электронными замками металлические: каталог компании Версия [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.versmet.ru/osnovnoj-katalog-tovarov1/shkafy/postamaty-shkaf-s-elektronnym-upravleniem/> (дата обращения: 15.04.2026).

6. Электронные ключницы: каталог компании Интемс [Электронный ресурс]. – URL: <https://securityrussia.com/skud/klyuchnitsy/> (дата обращения: 15.04.2026).
7. Электронные ключницы: каталог компании Виоланта [Электронный ресурс]. – URL: <https://violanta.com/elektronnye-klyuchnicy> (дата обращения: 15.04.2026).
8. Электронные ключницы KeyGuard [Электронный ресурс]. – URL: <https://satropaladin.com/catalog/sistemy-kontrolya-i-upravleniya-dostupom/sistemy-hraneniya/elektronnye-klyuchnicy/filter/brand-is-keyguard/> (дата обращения: 15.04.2026).
9. Электронные ключницы: каталог компании Rusguard [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rgsec.ru/keykeeper> (дата обращения: 17.04.2026).
10. Официальный сайт компании НПО Релвест [Электронный ресурс]. – URL: <https://relvest.ru/> (дата обращения: 10.04.2026).
11. «1С:Первый БИТ» и «НПО Релвест» представили совместную разработку [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.itweek.ru/idea/news-company/detail.php?ID=144005> (дата обращения: 10.04.2026).
12. Удобство ParsecNET 3 [Электронный ресурс]. – URL: <https://daily.sec.ru/2013/10/15/Udobstvo-ParsecNET-3.html> (дата обращения: 10.04.2026).
13. Официальный сайт компании Ecos intelligent security [Электронный ресурс]. – URL: <https://ecos-security.ru/> (дата обращения: 18.04.2026).
14. Ecos – Интеллектуальные комплексы администрирования и хранения предметов и ключей security [Электронный ресурс]. – URL: <https://peramorso.ru/ecos/> (дата обращения: 18.04.2026).
15. Sigur и ECOS объединили контроль доступа и учёт ключей в одной системе [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru-bezh.ru/kompanii-i-ryinki/news/26/06/13/sigur-i-ecos-obedinili-skud-i-elektronnyy-uchet-klyuchey-i-mater> (дата обращения: 18.06.2026).

TRANSPORT AND MOBILITY

UDC 625.7/.8: 691.54

Khalikov R.M., Ivanova O.V., Latypova Z.B., Pavlov S.Y., Glazachev A.O. Recycling multi-tonnage waste from the local manufacturing for secondary use in road construction

Khalikov Rauf Muzagitovich,

PhD in Chemistry, Associate Professor of the Department of "Highways,
Bridges and Transport Structures",
"Ufa State Petroleum Technological University", Russia, Ufa;

Ivanova Olga Vladimirovna,

PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of "Operation of Land Transport in
Petroleum and Gas Industry and Building",
"Ufa State Petroleum Technological University",
Russia, Ufa;

Latypova Zakira Badretdinovna,

PhD in Geography, Associate Professor of the Department of "Tourism,
Geo-Urban Studies and Economic Geography",
"Ufa University of Science and Technology", Russia, Ufa;

Pavlov Stanislav Yuryevich,

PhD in Law, Associate Professor of the Department of "Financial and Administrative Law",
"Ufa University of Science and Technology", Russia, Ufa;

Glazachev Anton Olegovich,

PhD in Engineering, Associate Professor of the Department
of "Highways, Bridges and Transport Structures",
"Ufa State Petroleum Technological University",
Russia, Ufa

Abstract. As a resource-saving alternative, expanding the use of Bashkortostan's high-tonnage waste in road construction through the introduction of environmentally friendly recycling technologies remains an urgent task. This article is aimed at the study of the secondary use of binders based on high-tonnage soda production waste and blast furnace slag to strengthen the soil foundations during the construction of highways. The highways M-5, M-7, M-12 of the transport infrastructure connect Ufa with Moscow, Kazan, Perm, Ekaterinburg, Chelyabinsk, Orenburg (P-240) and Samara. Reliable operational performance of highways is determined by the construction of a durable and time-stable foundation. Multi-tonnage waste from regional enterprises: sludge, ash and slag waste, slags, etc. have potential recycling opportunities in road transport construction. The following raw materials were used as the initial raw materials of the binder: lime-containing soda production waste from the Bashkir Soda Company (Sterlitamak) and blast furnace slag from the Chelyabinsk Metallurgical Combine (Chelyabinsk). It has been established that the required amount of lime-slag binder for strengthening dispersed clay and sandy loam soils is 8-10% of the dry soil mass. The supramolecular mechanism of soil hardening with lime-slag binders begins quickly enough and lasts for several weeks, resulting in an increase in compressive strength by 27%. Innovative recycling technologies for the use of high-tonnage waste in road transport construction have been successfully tested in strengthening the foundations of highways.

Keywords: road building, transport infrastructure, high-tonnage waste, recycling.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Motorways have a significant impact on the efficiency of the functioning of the economy of the constituent entities of the Russian Federation. In order to solve the demanded tasks of increasing the durability of roads and transport infrastructure, as well as to improve the operational performance of highways, it is necessary to ensure the quality of the construction of a durable and time-stable foundation and roadbed. Expanding the use of high-tonnage waste from the regional industry of the Republic of Bashkortostan [1] in environmentally friendly recycling technologies in road construction remains an urgent task.

The purpose of this article is to study the possibilities of reuse of binders based on high-tonnage soda production waste and blast furnace slag to strengthen the soil foundations during the construction of highways.

The relevance of using reinforced soils is currently due to the increasing volume of highway construction, as well as the shortage and high cost of transporting stone materials. In most of the Eastern European territory of Russia, there are insufficient reserves of high-quality stone materials, and intensive road construction is based on the transportation of crushed stone delivered from mountainous parts of the country over a distance of up to 400-500 km. Transportation costs for the delivery of crushed stone can be a significant part (up to 30-40%) of the cost of durable stone materials. In road construction, the processing of low-strength carbonate rocks with special compositions (for example, sulfur melt) is being introduced to obtain high-strength material. Significant costs in the transportation of conditioned building materials cause an increase in the total cost of building highways, and therefore it is advisable to use local materials reinforced with various binding compositions for the construction of roadways in these territories [2, 3].

Bashkortostan's economic and geographical position in the Russian Federation is determined by its unique location at the junction of Europe and Asia. The Republic of Bashkortostan borders the Perm territory and the Sverdlovsk region from the north; the Chelyabinsk region, large industrial regions of the Urals, adjoins from the east. The Orenburg region is located on the southern, southwestern and southeastern borders, and the Republic of Tatarstan, the largest industrial region of the Volga region, is its western neighbor (Figure 1).



Figure 1. The most important highways of Bashkortostan

The highways of the transport infrastructure connect Ufa, the capital of the republic, with Moscow, Perm, Yekaterinburg, Chelyabinsk, Orenburg, Samara and Kazan. The federal highway M-5 “Ural” runs along the southern outskirts of the city, and the federal highway M-7 “Volga” ends here. The “P-240” Ufa-Orenburg highway begins in the southern direction from Ufa, which connects the megacity with the international airport. Communication with the cities and districts of the Republic of Bashkortostan and the nearest neighbors is maintained by bus transportation.

The total length of public roads in the territory of the Republic of Bashkortostan is more than 63 thousand km, of which:

- federal highways of high-speed transport infrastructure M-5, M-7, M-12 – 952 km;
- highways of regional or inter-municipal (inter-district) significance – more than 15 thousand km;

- highways of local significance – about 48 thousand km. There are also about 8000 km of non-state roads in the region, which are mainly assigned to “Rosneft-Bashneft”.

As part of the renovation of Bashkortostan's road transport infrastructure, reconstruction of the bypass of settlements in Ilishevsky and Dyurtyuli districts was completed in 2025: Isametovo, Verkhnearkeyevo, Ishkarovo, and Asyanovo (68 km in total) on the M-7 “Volga” and M-12 “Vostok” highways. In 2026, reconstruction is planned to be completed on sections of the M-5 “Ural” highway (km 1280-1300; km 1300-1312; km 1375-1401) and M-7 (km 1310+910; km 1321+500; km 1231+52 – km 1251+773). In 2027-2028, the reconstruction of the M-5 section at the entrance to the city of Ufa (km 0+410 – km 0+750) will be carried out.

It should be noted that as part of the implementation of the national project "Infrastructure for Life", the installation of acoustic noise barriers and bus stops on the P-240 Ufa-Orenburg highway is envisaged. The Republican road construction program for 2025-2030 includes, in addition to the construction and repair of roads between settlements, the reconstruction of road bridges and overpasses, the installation of energy-efficient lighting, the repair of culverts, and the organization of weight control points.

Reliable operational efficiency of highways is determined by the construction of a durable and time-stable foundation and roadbed [4, 5]. The roadbed is a geotechnical structure in the form of an embankment or excavation, which provides the spatial location of the road and serves as a foundation for asphalt pavement. The road surface traditionally includes the following elements: the upper part of the road surface (working layer); the body of the embankment (with sloping parts); the base of the embankment; the base and sloping parts of the excavation; culverts and devices for surface drainage and lowering or discharging groundwater (drainage); protective geotechnical devices and structures designed to protect the earth bed from dangerous destructive factors (erosion, landslides, etc.).

Technologies for strengthening soil embankments and foundations of highways are aimed at increasing the durability of the functioning of the roadway; currently, a large number of different methods have been proposed [6] to strengthen the soil of the roadway. The most common soils of the Volga region and the Urals include clay dispersed soils, the negative feature of which is a sharp decrease in their physical and mechanical characteristics when moistened, which significantly reduces the possibility of their use in road construction. It should be noted that there is a particular danger of intense flooding in floodplain areas where highways are located on ground foundations composed of alluvial deposits (silts, floating sands and loams), which belong to weak dispersed soils. Therefore, under unfavorable soil and hydrological conditions, it is necessary to develop special recycling technologies using innovative methods during the construction of highways and transport infrastructure.

To increase the bearing capacity and reduce deformations of the soil foundations of

motorways, there are various methods of geotechnical soil reinforcement [7, 8]. The choice of a method for strengthening the soil foundations of the roadway and embankments is primarily determined by the type of soil in the natural zone of the region, the level of groundwater, etc. Many different methods are conditionally divided into: mechanical (placing in the thickness of the road surface canvases of reinforcing components); physical (strengthening of the soil mass of the bases by means of thermal fixation, freezing-thawing, electroosmosis, etc.); chemical (improvement of soil properties by treatment with complementary special additives).

High-quality construction and long-term operation of highways on clay dispersed soils is actually carried out by strengthening the foundations of the roadway with various technologies: stabilization and stability due to the physico-chemical interaction of additives and reagents introduced into the soil. In recent years, complex methods of strengthening weak soils have been developed using binders, various stabilizers, and synthetic resins, which can significantly increase the water resistance and strength characteristics of reinforced soils.

Today, among the industrial wastes of Bashkortostan, the most environmentally unfavorable are considered to be the accumulated waste from machine-building and chemical plants, the metallurgical industry, etc. A significant amount of multi-tonnage waste from regional industrial enterprises consists of sludge, ash and slag waste, slags, etc., which have the potential to be used as secondary resources to expand the raw material base of regional road construction.

Large-scale waste is similar in chemical composition to natural raw materials of regional production, which determines the prospects of using these wastes instead of natural materials in the innovative production of building materials. However, manufacturers of building materials currently make insufficient use of the secondary resource potential of high-tonnage waste by recycling technology in the manufacture of building materials, preferring natural ecosystem raw materials. This happens due to a number of economic, technological and other reasons, which leads to the placement of non-recyclable industrial waste in storage dumps [9].

In order to reduce the anthropogenic impact of industrial technogenic sludge accumulators on the environment, it is necessary to introduce the direction of recycling technologies for the use of multi-tonnage waste from the region in road transport construction and thereby create favorable conditions for the targeted management of the natural and technical system of anthropogenic landscapes. Newly developed waste disposal technologies should comply with the fundamental principles of sustainable development of human civilization, which make it possible to maximize the resource potential of large-scale waste in economic turnover [10, 11].

When assessing the possibility of using secondary resources to expand the raw material

base of the construction industry of the Republic of Bashkortostan, only those resources based on inorganic non-hazardous (hazard class V) multi-tonnage waste from industrial enterprises with relative uniformity of chemical composition and physico-mechanical properties, suitable without additional neutralization and purification for use in road transport construction by recycling technology, were considered. A potential list was compiled (in addition to soda production waste, phosphogypsum, ash and slag) of secondary resources based on large-tonnage waste from industrial enterprises in Bashkortostan and neighboring regions that are in demand for innovative technologies in road construction.

The production of soda ash at the “Bashkir Soda Company” (Sterlitamak), launched in 1951, is accompanied by the formation of a large amount of high-tonnage waste in the form of alkaline finely dispersed sludge [12, 13]. For 1 ton of soda ash, 8-10 m³ of sludge containing 200-250 kg of solid phase is accounted for; these wastes are drained into special slurry basins, where solid particles are deposited. The sludge storage facilities of the “Bashkir Soda Company” are located on the banks of the Belaya River in the Republic of Bashkortostan, consist of 10 compartments, cover an area of more than 470 hectares, which form the "white seas" (Figure 2). It should be noted that local clay rocks were used as an anti-filtration screen at the facility, and during long-term operation of clay screens, permeability increases significantly under the influence of brines [14].



Figure 2. Sludge accumulators of the “Bashkir Soda Company”
(aerial photography, Sterlitamak)

Tens of millions of tons (in terms of dry matter) of soda production waste have been accumulated in the sludge storages of the “Bashkir Soda Company”, hundreds of hectares of land have been allocated for storage. Thus, the area of the main sludge storage tank is 136 hectares at a depth of 22 m; the accumulated volume is estimated to range from 20 to 30 million tons of sludge. Currently, the Russian Federation has accumulated more than 50 million tons of soda production waste, and their number is increasing by about 1 million tons annually [15].

Based on data from X-ray phase analysis of samples of secondary resources of multi-tonnage waste from Bashkortostan and adjacent Volga-Ural regions, the following materials were selected for research as raw materials of hydraulic binders: lime-containing soda production waste from “Bashkir Soda Company” (Sterlitamak) distiller sludge dehydrated by filtration pressing after firing; blast furnace slag is a secondary resource of the “Chelyabinsk Metallurgical Combine” (Chelyabinsk). The preparation of the initial raw materials for use as part of a hydraulic lime-slag binder is carried out using the following technology: lime-containing soda production waste after firing at a temperature of 950°C is pre-crushed to a fraction of 1-5mm to obtain a lime-slag binder; then the crushed fired is mixed with powdered blast furnace slag.

The implemented recycling technology determines the high efficiency and low energy intensity of the production of lime-slag binder: approximately 50-60 kg of conventional fuel and 70-80 kW·h of electricity are consumed for the production of 1 ton of binder, which is significantly lower than in the production of slag-portland cement. An innovative trend is a systematic approach to recycling Russia's secondary waste by increasing recycling technologies that will allow up to 50% of recycled materials to be used in road construction by 2030.

To find the optimal amount of the developed lime-slag binder, when strengthening various types of clay dispersed and sandy loam soils, a certain amount of lime-slag binder and water was added to the soil sample. The resulting mixture was thoroughly mixed in a laboratory concrete mixer and kept in a desiccator for 6 hours to obtain reinforced soil, then samples were produced using a standard sealing device-cylinders with a diameter of 100 mm and a height of 140 mm. Samples of reinforced soil were produced in series based on soils with an additive 6%, 8%, 10%, 14% and 18% of the lime-slag binder from the mass of the dry soil. After manufacturing, the samples were kept for 28 days in a normal hardening chamber; then, after exposure, the compressive strength of the reinforced soils was determined in accordance with GOST 28570-2019.

Analytical processing of the results shows that for sandy loam soil, the increase in compressive strength is more pronounced, with the addition of a lime-slag binder of about

9%, its strength becomes equal to that of clay dispersed soil with the same dosage of the additive. With a further increase in the binder dosage, an even more accelerated increase in strength occurs (Figure 3), and with a dosage of lime-slag binder of more than 14%, clay dispersed soil becomes structurally analogous to concrete of compressive strength class B5.

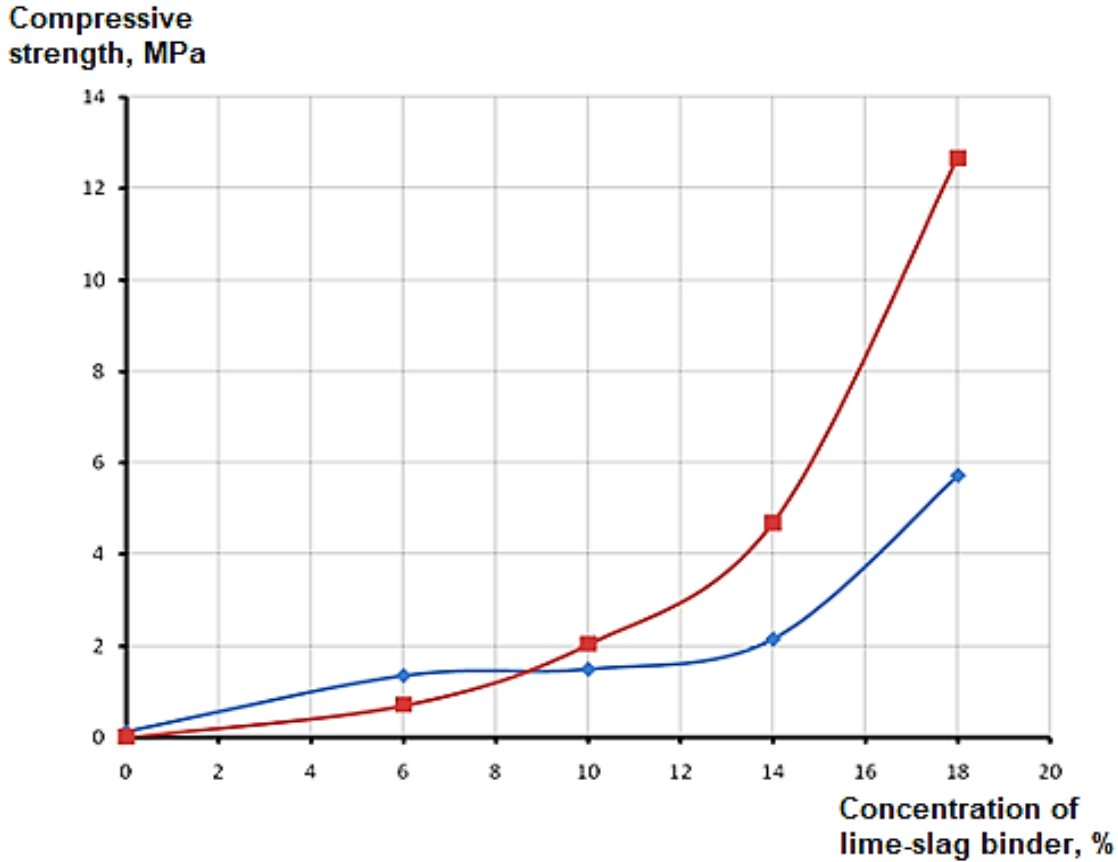


Figure 3. Results of the compressive strength test of reinforced clay ◆ and sandy loam ■ ground samples

Based on the survey results, it was found that the minimum required amount of lime-slag binder for strengthening both dispersed clay and sandy loam soils is 8-10% of the dry soil mass, since a smaller amount of binder will not ensure stable achievement of the required compressive strength of the reinforced soil in production conditions. The following physico-chemical hardening mechanism is proposed: when lime-slag binder is mixed with water, hydration reactions of the lime-containing component and blast furnace slag first occur. The hardening of the lime-slag binder is correctly explained within the framework of fractal analysis: the catalytic effect of Ca^{2+} , OH^- and partially SO_4^{2-} ions on the slag components; gypsum, actively acting on the alumina components of the slag, accelerates the hardening of the binder.

Over time, nanocomposite reinforced road soils gradually harden to form sufficiently strong silicates and calcium aluminates of a fractal structure [16, 17].

It should also be noted that when treating clay soils with 8-14% (of the soil mass) lime-containing CaO additives, the components of calcium oxide interact physico-chemically with free water molecules and acquire the properties of a hydraulic binder (calcium hydroxide). Then Ca^{+2} cations from slaked lime migrate to the surface of aluminosilicate hydrated clay microparticles and displace interlayer water molecules with the three-dimensional formation of sufficiently durable geopolymers [18-20] based on the crystallization structure of calcium hydrosilicates and hydroaluminates (Figure 4). The physico-chemical supramolecular mechanism of strengthening stabilization begins within a few minutes and lasts for several weeks, resulting in a 27% increase in mechanical strength and water resistance of clay road foundations.

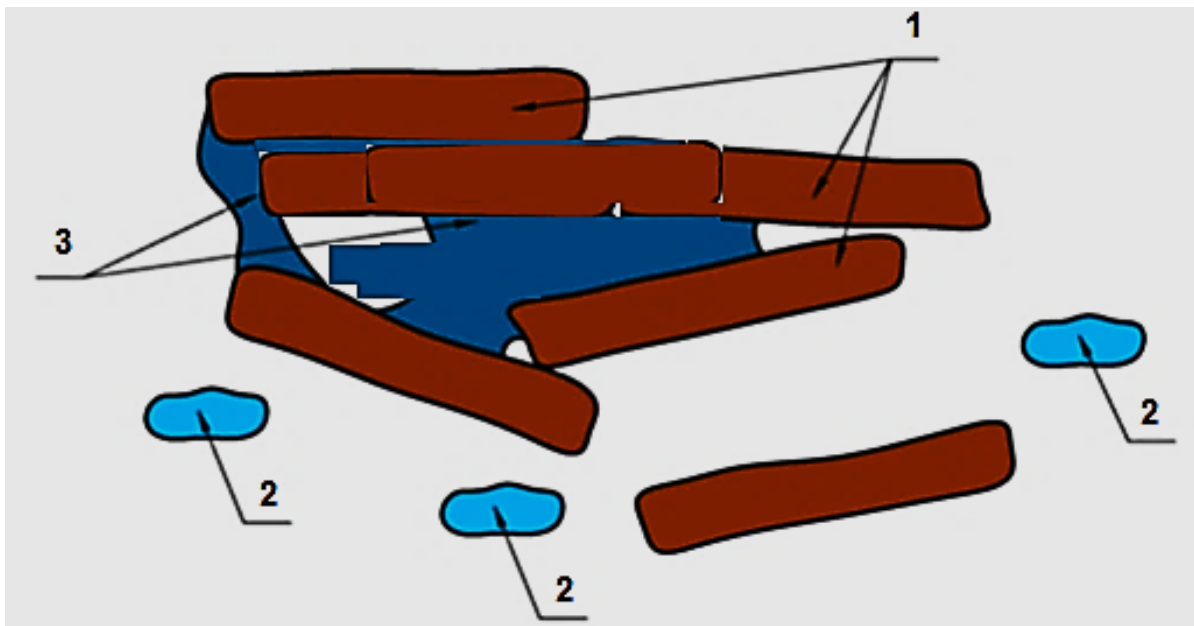


Figure 4. Supramolecular mechanism of hardening of clay soils with lime-slag binders (1 – aluminosilicate clay microparticles; 2 – calcium hydroxide; 3 – binding calcium hydrosilicates and hydroaluminates)

An assessment of the possibility of using secondary resources based on lime-slag binders to expand the raw material base of road transport construction in the Republic of Bashkortostan by recycling technology has shown that the use of composite additives to strengthen weak dispersed soils of highways is quite effective. Depending on the category of the highway, reinforced soils using recycling technologies for the use of multi-tonnage waste

in road construction are used to create: lightweight road surfaces on local roads; to increase the strength of the upper part of the roadbed of the base layers on roads with heavy traffic of weighty vehicles.

It should also be noted that “Bashkir Soda Company” plans to clean soda slag accumulators by 2034 with recycling technology, then begin landscape reclamation of the territory. After the active growth of the grass cover on the reclaimed landscapes, geoecological planting of bushes and trees is planned on the site of the former sludge storage compartments. The circular economy of the 21st century is based on the expansion of the utilization of multi-tonnage waste resources through using recycling technologies in road transport construction, taking into account the regulatory framework.

Attractive into account the principles of geo-urbanism and an adequate assessment of the interests of tourism makes travel in the Volga-Ural region convenient and safe for motorists, as well as creates conditions for the development of related infrastructure of federal highways: petrol filling stations, campsites, recreation areas, etc. A complementary solution to the problems of inaccessibility and poor equipment of the transport infrastructure reduces the high cost of the route, which means it attracts tourists to picturesque landscape sites region of the Republic of Bashkortostan [21-23].

In conclusion, it can be determined that innovative recycling technologies for the use of multi-tonnage waste in road transport construction have been successfully tested in strengthening the soil foundations of highways. Reinforced ground with an addition of 8-10% lime-slag binder can be used in road structures of the lower layers of crushed stone-gravel-sand foundations.

References

1. Bedov A.I., Sinitsin D.A., Gabitov A.I. et al. Analysis and development of innovative concrete compositions in the Republic of Bashkortostan // Materials Science Forum. 2023. V. 1082. P.240-247. EDN KJUBXU.
2. Stefan Yu.V., Bondarev B.A., Yankovsky L.V. Strengthening of clay soils of roads with industrial waste and metallurgical slags // Building Materials. 2020. No.4-5. P.80-89. EDN VHIVTH.
3. Pavlikov A.B., Kamenchukov A.V. The effectiveness of additives for soil modification // Transport facilities. 2024. V.11, No.3. EDN ACOQTF.
4. Bezrodnykh A.A., Markova I.Yu., Strokova V.V. et al. Ground concrete using a complex of binders and fly ash for road construction. Belgorod: BSTU, 2022. 122 p. EDN PNLNOA.
5. Glazachev A.O., Pavlov S.Yu., Ivanova O.V. et al. Stabilization of weak soil foundations of highways // Trends in the development of science and education. 2024. No.109-

15. P.27-30. EDN IYXTMM.

6. Chudinov S.A. Improvement of soil reinforcement technology in the construction of highways. Ekaterinburg: UGLTU, 2022. 164 p. EDN LYZPVU.

7. Sonin V.V. Review of technologies for strengthening weak foundations of road // Actual problems of sciences. 2016. No.5-1. P.104-107. EDN VZEEKF.

8. Ivanova O.V., Glazachev A.O., Pavlov S.Yu. et al. The application of artificial intelligence in traffic management of the M-12 motorway // Prospects for the development of technologies: Collection of the 3rd All-Russian Conference. Voronezh: Publ. "Universit. the Book", 2025. P.167-170. EDN FXSQLT.

9. Ignatieva M.N., Yurak V.V., Dushin A.V. et al. Technogenic mineral formations: problems of transition to a circular economy // Mining Sciences and Technologies. 2021. V.6, No.2. P.73-89. EDN YCQZJI.

10. Khalikov R.M., Ivanova O.V., Pavlov S.Yu. et al. Effective reinforcement of the foundations of the roadway with lime-slag binders based on tonnage waste // Trends in the development of science and education. 2023. No.103-7. P.116-119. EDN WSOPAU.

11. Kumar R., Gupta G., Hussain A. et al. Pioneering zero-waste technologies utilization and its framework on sustainable management: international, national and state level // Discov. Appl. Sci. 2025. V. 7. No.224.

12. Krasilnikova S.A., Blinov S.M., Krasilnikov P.A. et al. Global experience in using soda production waste // Ecology and industry of Russia. 2021. V.25. No.12. P.48-53. EDN GJKISH.

13. Pugin K.G., Salakhov R.R. Using the resource potential of soda production sludge // Bulletin of the Peoples Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life safety. 2025. V.33, No.4. P.452-460. EDN HUDNEG.

14. Abdrakhmanov R.F., Poleva A.O., Durnaeva V.N. Hydrogeoecological problems in the middle reaches of the Belaya River // Bulletin of the Academy of Sciences of Bashkortostan. 2021. V.40, No.3(103). P.43-50. EDN JCAQHM.

15. Nedoseko A.I., Khalikov R.M. Effective hardening of roadways with binders based on high-tonnage soda production waste // Trends in the development of science and education. 2024. No.115-14. P.54-57. EDN JUCKNW.

16. Khalikov R.M., Pavlov S.Yu., Glazachev A.O. et al. Supramolecular mechanism for strengthening clay foundations of highways with complementary nanoadditives // Trends in the development of science and education. 2024. No.107-9. P.83-85. EDN KUSVZT.

17. Glazachev A.O., Pavlov S.Yu., Shaikhullin I.R. et al. Resource-saving ways to strengthen soils of foundations of the roadway // Trends in the science and education. 2024. No.105-13. P.10-13. EDN NZOMXA.

18. Khalikov R.M., Ivanova O.V., Pavlov S.Yu. et al. Energy-saving technologies for the use of geopolymer composites in the construction of transport facilities // Actual problems of science: Collection XXXVII International. Conf. Moscow: Publ. "Znanie-M", 2025. P.525-530. EDN BDOJEN.
19. Latypova Z.B., Khalikov R.M., Glazachev A.O. et al. Geoecological aspects of the use of tonnage soda production waste in Bashkortostan // Problems of regional ecology. 2023. No.4. P.68-72. EDN ZFOTOL.
20. Khalikov R.M., Ivanova O.V., Latypova Z.B. et al. Optimized functioning of the intelligent transport infrastructure of high-speed highways // International Journal of Professional Science. 2026. No.3-2. P.230-239. EDN JAMOGG.
21. Abdurakhmanova L.R. The influence of transport infrastructure on the development of tourism in Russia // The Power of Systems. 2019. No.1 (10). P.17-20. EDN HXWFQV.
22. Khalikov R.M., Ivanova O.V., Pavlov S.Yu. et al. Innovative technologies in the construction of the Dyurtyuli-Achit section of the federal highway M-12 // Trends in the development of science and education. 2024. No.108-13. P.62-65. EDN SKRIKH.
23. Golovina T.A., Avdeeva I.L. The synergy of "climate economics" and "circular economy" in the concept of sustainable development // Outpost of Science. 2025. V.19, No.1. P.6-21. EDN CMQGCL.

CONCLUSION

The materials of the International Journal of Professional Science No. 8(2) reflect a wide range of current scientific and technological challenges related to improving the safety, efficiency and sustainability of various industries. The presented studies combine theoretical analysis, engineering calculations, experimental approaches and practical recommendations.

The content of the issue demonstrates the importance of an integrated approach to the development of the mining industry, construction industry, healthcare and digital infrastructure. Of particular importance are works aimed at reducing environmental risks, improving standardization, increasing industrial safety and introducing automated information solutions.

The issue will be useful to researchers, engineers, industrial specialists, designers, medical workers, information system developers, teachers and all readers interested in modern areas of professional science and practice.

With best wishes and warm regards,
Editor-in-Chief
International Journal of Professional Science
Krasnova N.A.

Electronic scientific editions

International journal of Professional Science

international scientific journal
№8(2)/2026

Please address for questions and comments for publication as well as suggestions
for cooperation to e-mail address mail@scipro.ru



Format 60x84/16. Conventional printed
sheets 9,3
Circulation 100 copies
Scientific public organization
“Professional science”