Оригинальная статья

УДК 622.86.002 © М.А. Шахраманьян✉[1], М.В. Масалева[1], И.В. Кровяков[1], Л.Н. Романченко[1], М.В. Данилина[1,2], 2026

[1] ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», 115054, г. Москва, Россия
✉ e-mail: MAShakhramanyan@fa.ru

Original Paper

UDC 622.86.002 © M.A. Shakhramanyan✉[1], M.V. Masaleva[1], I.V. Krovyakov[1], L.N. Romanchenko[1], M.V. Danilina[1,2], 2026

[1] Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation
[2] Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 115054, Russian Federation
✉ e-mail: MAShakhramanyan@fa.ru

Информационные системы безопасности подземных шахт

Safety information systems in underground mines

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-9-70-72

ШАХРАМАНЬЯН М.А.
Доктор техн. наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия, e-mail: MAShakhramanyan@fa.ru

МАСАЛЕВА М.В.
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия, e-mail: mvmasaleva@fa.ru

КРОВЯКОВ И.В.
Канд. военных наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия, e-mail: ivkrovyakov@fa.ru

РОМАНЧЕНКО Л.Н.
Канд. военных наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия, e-mail: lnromanchenko@fa.ru

ДАНИЛИНА М.В.
Канд. экон. наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия, ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», 115054, г. Москва, Россия, e-mail: marinadanilina@yandex.ru

Статья посвящена анализу комплексных информационных систем безопасности подземных шахт, объединяющих средства мониторинга, связи и позиционирования в единую цифровую среду. В статье приведены нормативно-правовые документы Ростехнадзора, регулирующие нормы и правила применения информационных систем безопасности подземных шахт.

Ключевые слова: *мониторинг, подземные шахты, нормы и правила, цифровые двойники.*

Для цитирования: Информационные системы безопасности подземных шахт / М.А. Шахраманьян, М.В. Масалева, И.В. Кровяков и др. // Уголь. 2026;(9):70-72. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-9-70-72.

Abstract

The article analyzes integrated safety information systems for underground mines that combine monitoring, communication, and positioning tools into a single digital environment. The article cites regulatory documents from Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service (Rostekhnadzor) that govern the standards and rules for implementing safety information systems in underground mines.

Keywords
Monitoring, underground mines, norms and rules, digital twins.
For citation
Shakhramanyan M.A., Masaleva M.V., Krovyakov I.V., Romanchenko L.N., Danilina M.V. Safety information systems in underground mines. *Ugol'*. 2026;(9):70-72. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-9-70-72.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности на угольных шахтах представляет собой комплексную научно-техническую задачу, особенно актуальную в условиях увеличения объемов добычи и перехода к более глубокой разработке месторождений. Современный подход к решению этой проблемы базируется на внедрении многофункциональных информационных систем безопасности, которые объединяют в себе средства мониторинга, связи и позиционирования в единую цифровую среду.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ, НОРМЫ И ПРАВИЛА

Ключевым элементом таких систем является мониторинг состояния горного массива. Как отмечено в [1], для предотвращения аварий необходим комплексный подход, охватывающий несколько аспектов наблюдений за состоянием породного массива. Это положение согласуется с требованиями Федеральных норм и правил, утвержденных Ростехнадзором, которые предписывают проведение мониторинга геофизическими методами на шахтах, отрабатывающих пласты, опасные по горным ударам и внезапным выбросам [2, 3].

Современные системы мониторинга выходят за рамки традиционных геофизических наблюдений. В международной практике активно развиваются технологии «интеллектуальных» анкерных крепей, оснащенных датчиками деформации, которые позволяют в реальном времени отслеживать состояние породного массива и выявлять гравитационно-обусловленные клинья – одну из наиболее частых причин обрушений кровли [3, 4]. Плотность размещения таких датчиков является критическим параметром: недостаточное количество сенсоров снижает качество измерений, тогда как их избыток ведет к неоправданным затратам [3].

Важным направлением развития информационных систем безопасности является внедрение технологий точного позиционирования персонала. С 1 марта 2026 г. в России вступил в силу ГОСТ Р72471-2025, устанавливающий общие технические требования к системам позиционирования и поиска работников в подземных выработках [3]. Как отмечают разработчики стандарта, единые требования создают условия для совместимости оборудования различных производителей и повышают эффективность спасательных операций [3, 5]. Современные решения обеспечивают точность позиционирования до двух метров с обновлением данных каждые три секунды, что критически важно при проведении аварийно-спасательных работ [3, 4, 7].

Интеграция различных подсистем в единую мультисервисную сеть передачи данных является основой для построения «цифровых» шахт. Такие сети объединяют волоконно-оптические каналы со скоростью до 1 Гбит/с и беспроводные каналы Wi-Fi, обеспечивая отказоустойчивость за счет автоматического переключения на резервные каналы [6]. Единая инфраструктура позволяет наращивать функционал – от видеонаблюдения до мобильной связи и управления транспортом – с минимальными дополнительными затратами [6].

Развитие информационных систем безопасности также связано с применением технологий обработки больших данных. Так, использование лидарного сканирования и обработки облаков точек позволяет автоматизировать извлечение информации о состоянии анкерной крепи и выявлять деформации горных выработок [7, 8, 9]. Перспективным направлением является интеграция данных мониторинга с технологиями цифровых двойников, что позволяет прогнозировать развитие опасных ситуаций и своевременно принимать превентивные меры.

Одной из наиболее важных информационных систем обеспечения безопасности подземных шахт является система мониторинга технического состояния подземных шахт, позволяющая в режиме реального времени выявлять угрозы, которые могут привести к внезапному обрушению конструкций подземной шахты. Ключевое значение в данной системе мониторинга отводится программному обеспечению (ПО) по обработке данных от сенсоров и датчиков.

Программное обеспечение SODIS Building M создает из разрозненных технических средств единую информационную среду для обеспечения непрерывности и целостности измерений здания или сооружения. Данные мониторинга доступны оператору в режиме онлайн с помощью автоматизированного рабочего места. На основании полученных данных система мониторинга в автоматическом режиме определяет техническое состояние подземной шахты и уведомляет диспетчера о нештатных ситуациях с помощью простых семафорных сигналов: зеленый – нормально, желтый – повышенное внимание, красный – опасно, что позволяет своевременно выполнить ремонтные и компенсационные мероприятия по локализации или устранению опасных процессов.

Рассмотрим экономическую эффективность внедрения систем мониторинга технического состояния подземных шахт для следующего сценария: на руднике в Норильском промышленном районе внедрена система мониторинга (датчики смещения, тензометрические датчики и др.).

Затраты на систему: комплекс оборудования и ПО ~ 80 млн руб.; годовое обслуживание ~ 10 млн руб.

Итого за 3 года: 80 + (10 x 3) = 110 млн руб.

Проведенные модельные расчеты показывают, что годовой экономический эффект от внедрения систем мониторинга составляет 574,7 млн руб. за счет экономии от снижения простоев (48 млн руб.), экономии на ремонте (26,7 млн руб.), дополнительной выручки от роста коэффициента извлечения полезного ископаемого (500 млн руб.).

Чистый эффект за три года:

$(574{,}7 \times 3) - 110 = 1614{,}1$ млн руб.

Срок окупаемости:

$110 / 574{,}7 \approx 0{,}2$ года (менее трех месяцев!).

Из приведенных выше цифр можно сделать вывод, что внедрение систем мониторинга технического состояния подземных шахт представляется экономически выгодным мероприятием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные технологии мониторинга позволяют осуществлять комплексный контроль за безопасностью шахт, что крайне важно в условиях растущей нагрузки на горные предприятия. Внедрение автоматизированных систем сбора и анализа данных не только обеспечивает безопасность работников, но и способствует повышению эффективности горного производства. Данная концепция отражает современную парадигму горного производства: безопасность и эффективность не противоречат друг другу, а взаимно усиливаются через цифровизацию. Автоматизированный мониторинг превращает шахту из «черного ящика» в прозрачную, управляемую систему, где риски прогнозируются и предотвращаются, а не ликвидируются постфактум. Внедрение таких технологий – это одновременно требование закона и экономическая целесообразность.

Таким образом, современные информационные системы безопасности подземных шахт представляют собой сложные интеграционные решения, объединяющие геофизический мониторинг, интеллектуальные датчики, системы позиционирования и цифровые платформы обработки данных.

Список литературы • References

1. Мониторинг состояния горного массива в задачах обеспечения безопасности угольных шахт / М.А. Шахраманьян, П.С. Балицкий, О.Н. Зайцев и др. // Уголь. 2026;(3):116-118. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-3-116-118.
   Shakhramanyan M.A., Balitskij P.S., Zajtsev O.N., Lopukhov A.A. Monitoring rock mass condition as part of coal mine safety measures**.** *Ugol'.* 2026;(3): 116-118. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-3-116-118.
2. Приказ Ростехнадзора от 10.12.2020 № 515 (ред. от 20.02.2026). Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений».
3. Седнев В.А., Копнышев С.Л., Седнев А.В. Исследование этапов процесса и обоснование математической модели расширения сферической полости в грунтах и горных породах // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. Т. 12. № 2. С. 302-314.
   Sednev V.A., Kopnyshev S.L., Sednev A.V. Research of process stages and justification of mathematical model of spherical cavity expansion in soils and rocks. *Ustojchivoe razvitie gornykh territorij.* 2020;12(2):302-314. (In Russ.).
4. Седнев В.А., Копнышев С.Л., Седнев А.В. Оценка поля скоростей в сплошной упругопластической среде при камуфлетном взрыве // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Науки. 2023. № 2. С. 384-393.
   Sednev V.A., Kopnyshev S.L., Sednev A.V. Estimation of the velocity field in a continuous elastoplastic medium during a camouflet explosion. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. Seriya Fiziko-matematicheskie nauki.* 2023;(2):384-393. (In Russ.).
5. Designing Intelligent Rock Support Systems to Detect Gravity-Driven Wedges. *Rock Mechanics and Rock Engineering.* 2025;(58):4527-4541. DOI: 10.1007/s00603-024-04039-6.
6. ГОСТ Р 72470-2025 и ГОСТ Р 72471-2025. Оборудование горно-шахтное. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт и подземных рудников. [Электронный ресурс]. URL: https://informproekt.ru, 2026.
7. Лозовая А. Комплексное решение для построения в шахтах высокоскоростной и надежной инфраструктуры передачи данных. Доклад на Международном угольном конгрессе. 2025.
8. Health monitoring of ground support system through point-cloud processing: rockbolts extraction phase. *International Journal of System Assurance Engineering and Management.* 2025. DOI: 10.1007/s13198-025-02758-9.
9. Формирование культуры информационной безопасности в цифровой образовательной среде: управленческие механизмы и развитие компетенций персонала / П.С. Балицкий, И.Н. Белогруд, М.В. Масалева и др. // Информатика и образование. 2026. Т. 41 № 1. С. 109-118. DOI: 10.32517/0234-0453-2026-41-1-109-118.
   Balitsky P.S., Belogrud I.N., Masaleva M.V., Reznichenko S.A. Formation of information security culture in digital educational environment: Management mechanisms and staff competency development. *Informatika i obrazovanie.* 2026;41(1):109-118. (In Russ.). DOI: 10.32517/0234-0453-2026-41-1-109-118.

Authors Information

Shakhramanyan M.A. – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of «Life Safety», Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: MAShakhramanyan@fa.ru

Masaleva M.V. – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of "Life Safety", Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: mvmasaleva@fa.ru

Krovyakov I.V. – PhD (Military), Associate Professor of the Department of "Life Safety", Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: ivkrovyakov@fa.ru

Romanchenko L.N. – PhD (Military), Associate Professor at the Department of "Life Safety", Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: lnromanchenko@fa.ru

Danilina M.V. – PhD (Economics), Associate Professor of the Department of "Life Safety", Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 115054, Russian Federation, e-mail: marinadanilina@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 4.08.2026
Поступила после рецензирования: 17.08.2026
Принята к публикации: 31.08.2026

Paper info

Received August 4, 2026
Reviewed August 17, 2026
Accepted August 31, 2026