УДК 622.8

Башкирцева Полина Сергеевна, студентка (КузГТУ, г. Кемерово)
Научный руководитель: Игнатова Алла Юрьевна, к.б.н., доцент
(КузГТУ, г. Кемерово)

Bashkortseva Polina Sergeevna, student (KuzSTU, Kemerovo)
Scientific supervisor: Ignatova Alla Yuryevna, PhD in Biology, docent
(KuzSTU, Kemerovo)

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

INTRODUCTION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN PRODUCTION MANAGEMENT AND SAFETY OF MINING OPERATIONS

Аннотация. Рассмотрены цифровые технологии управления безопасностью горных работ. Проанализирован опыт угольных предприятий России по внедрению систем позиционирования персонала, аэрологического мониторинга, видеоаналитики и диспетчеризации. Дан их сравнительный анализ и обоснованы критерии выбора.

Abstract. Digital technologies for production management and mining safety are considered. The experience of Russian coal enterprises in personnel positioning, aerology monitoring, video analytics and dispatching is analysed. A comparative analysis and selection criteria are presented.

Цифровизация является одним из ключевых направлений модернизации горного производства. Для угольной отрасли России, работающей в сложных горно-геологических условиях и относящейся к наиболее травмоопасным видам промышленной деятельности, цифровые технологии (рис. 1) рассматриваются как основной инструмент повышения промышленной безопасности. Их значение закреплено и нормативно: Стратегия развития угольной промышленности России до 2035 года прямо предусматривает внедрение информационных технологий и автоматизацию производственных процессов [1]. Целью настоящего обзора является анализ современных цифровых решений, применяемых для управления производством и безопасностью ведения горных работ, и сравнение их эффективности на основе практики угольных предприятий России.

1. Современное состояние промышленной безопасности в угольной отрасли

За последнее десятилетие уровень промышленной безопасности в угледобыче в целом улучшился: благодаря автоматизированным системам аэрологического контроля, внедрению защитных сетей и повышению культуры

безопасности смертельный травматизм на шахтах устойчиво снижался. Вместе с тем аварии на шахтах «Анжерская-Южная» (2021 г.) и «Алардинская» (2020 г.) в Кузбассе показали, что риски вспышек метана и человеческого фактора сохраняются в полной мере [4, 5]. Анализ причин производственного травматизма и аварийности показывает, что значительная часть тяжёлых происшествий связана с нарушением правил ведения работ, самовольным оставлением опасных зон и неконтролируемым доступом в них — то есть с проблемами, которые традиционные административные меры решают недостаточно эффективно [2, 3].

Кузбасс остаётся ведущим угольным регионом страны, поэтому именно здесь требования к системам безопасности наиболее высоки, а практика их внедрения наиболее показательна [6]. В этих условиях происходит переход от эпизодической автоматизации отдельных процессов к построению комплексных цифровых контуров управления безопасностью. Как показано на рисунке 1, современные системы позиционирования позволяют контролировать местонахождение персонала в реальном времени.



Рис.1. Базовая станция SBGPS Master системы «Умная шахта»

2. **Мировой и российский опыт цифровизации горных работ**

В мировой практике сформировались три ключевых направления цифровизации безопасности горных работ: позиционирование персонала и оборудования в реальном времени, предиктивная аналитика на основе данных датчиков, а также цифровые двойники шахт и карьеров, позволяющие отрабатывать опасные сценарии без риска для людей. В российской практике эти направления реализуются с учётом отраслевых требований: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности предписывают непрерывный контроль содержания метана в рудничной атмосфере, а лицензионные условия недропользования для крупных компаний устанавливают

требования к системам диспетчеризации транспорта [2, 3]. На рис. 2 представлена схема комплексного решения для цифровизации шахтного производства.

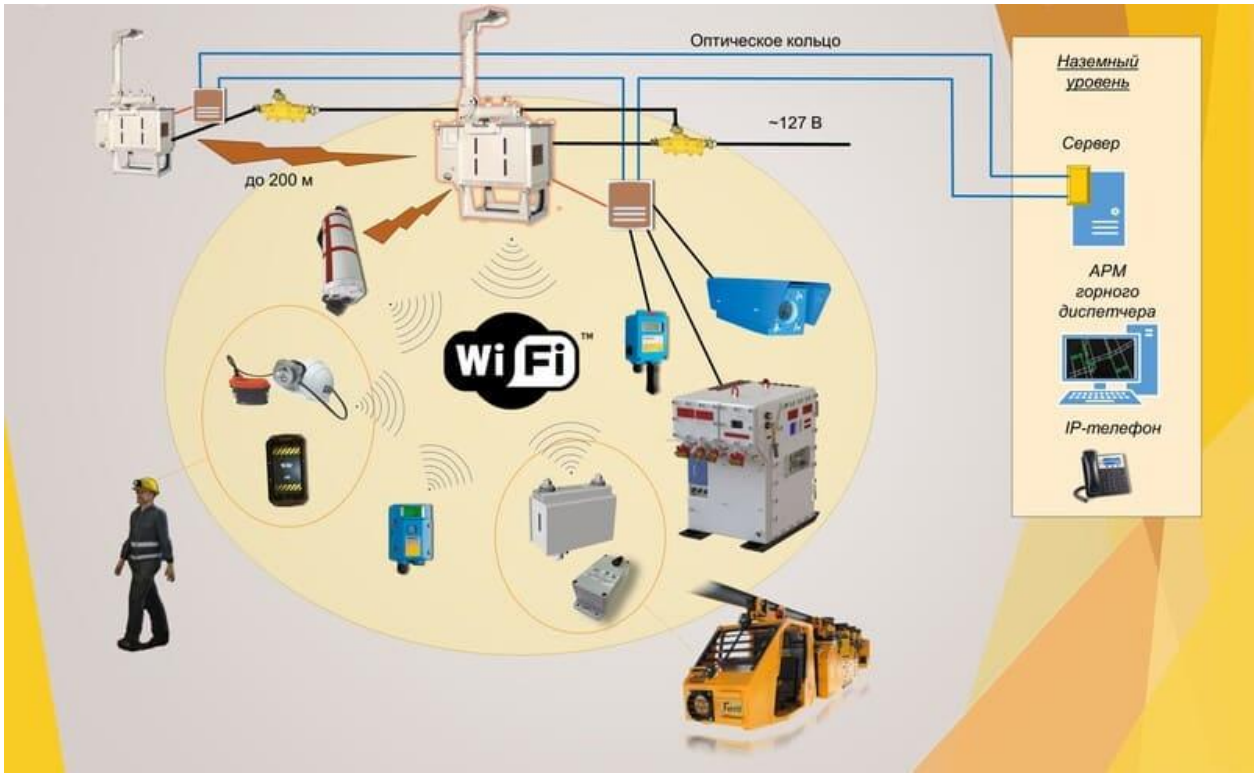

Рис.2. Схема комплекса «Умная шахта»
с интегрированными подсистемами

3. **Практика внедрения цифровых систем на угольных предприятиях России**

Комплекс «Умная шахта» НПФ «Гранч» обеспечивает высокоточное позиционирование персонала и техники в подземных выработках с точностью до 2 м. Система автоматически формирует «электронный клубок» — наглядную карту распределения людей и машин по выработкам — и позволяет выстраивать электронные барьеры: при входе человека в опасную зону выдаётся предупреждение, а если там ведутся взрывные работы, доступ блокируется [7].

Многофункциональная система безопасности шахт САКСМ (рис.3), внедрённая в компании СУЭК, решает задачу аэрологического мониторинга: непрерывно контролирует содержание метана, автоматически отключает электропотребители в опасных выработках и накапливает данные для анализа причин загазирований. На шахте «Осинниковская» данная система применялась в сочетании с видеоаналитикой: камеры распознают нарушителей правил ведения работ и отсутствие средств индивидуальной защиты, а собранная статистика используется для адресного обучения персонала.



Рис.3. Компоненты системы **САКСМ** и ее рабочий интерфейс

На разрезах Сибирской угольной энергетической компании и в ООО «Кузбассразрезуголь» центральное место занимает цифра в управлении карьерными работами (рис.4): телематика горной техники, ГИС-контроль маршрутов и диспетчеризация в реальном времени исключают пересечение транспортных потоков с людьми и позволяют оперативно останавливать работы при отклонении параметров.

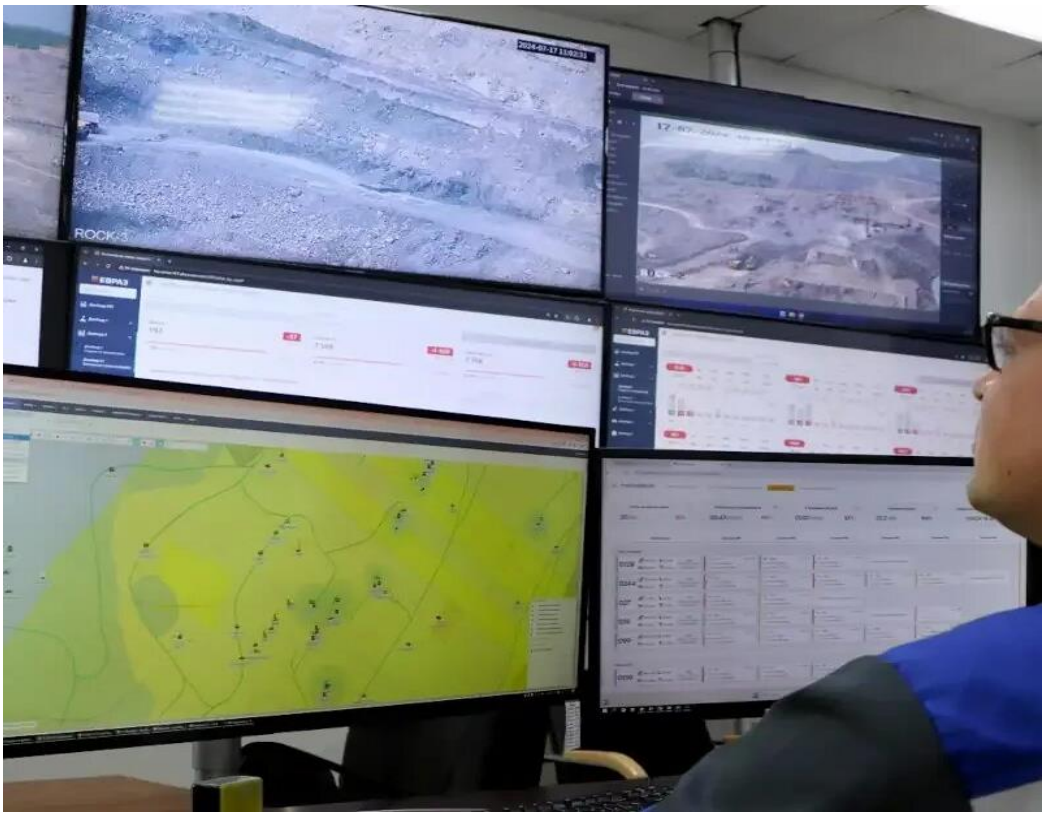

Рис. 4. Рабочее место диспетчера (АРМ)

4. **Сравнительный анализ цифровых систем обеспечения безопасности горных работ**

Проведённый анализ показывает, что рассмотренные системы решают разные, но взаимодополняющие задачи, и их сравнение целесообразно выполнять по единой схеме «назначение — ключевые функции — эффект внедрения» (таблица 1).

Таблица 1

Система	Назначение	Ключевые функции	Эффект внедрения
«Умная шахта» (НПФ «Гранч»)	Позиционирование персонала и техники	Точность до 2 м; «электронный клубок»; электронные барьеры опасных зон	Поиск людей при аварии; исключение доступа в опасные зоны
САКСМ (СУЭК)	Аэрологический мониторинг шахтной атмосферы	Непрерывный контроль метана; автоотключение оборудования; накопление данных	Снижение риска вспышек метана; оперативная эвакуация
Видеокомплексы (ш. «Осинниковская»)	Контроль поведения персонала и применения СИЗ	Видеоаналитика нарушений; статистика по участкам и сменам	Адресное обучение; рост дисциплины персонала
Диспетчеризация (ООО «Кузбассразрезуголь»)	Управление карьерными работами	Телематика техники; ГИС-контроль маршрутов; диспетчеризация в реальном времени	Исключение пересечения потоков техники и людей; рост производительности

Системы не конкурируют, а дополняют друг друга: аэрологический мониторинг и позиционирование защищают жизнь персонала, видеоаналитика формирует статистику для системы обучения, диспетчеризация повышает управляемость производственного процесса. Критерием выбора выступают горнотехнические условия: для метанообильных шахт приоритетными являются САКСМ и позиционирование, для разрезов — диспетчеризация и видеоаналитика. Максимальный эффект достигается при интеграции всех контуров в единую платформу управления безопасностью предприятия.

Таким образом, цифровые технологии становятся ключевым инструментом управления производством и безопасностью ведения горных работ. Российская практика — от систем позиционирования «Умная шахта» до аэрологического мониторинга САКСМ, видеоаналитики и диспетчеризации разрезов — показывает, что основной эффект достигается при комплексном внедрении решений под конкретные горнотехнические условия предприятия. Дальнейшее направление развития — интеграция отдельных систем в единые цифровые платформы с элементами предиктивной аналитики, что соответствует Стратегии развития угольной промышленности до 2035 года.

Список литературы

1. Об утверждении Стратегии развития угольной промышленности России на период до 2035 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.06.2020 № 1582-р.

2. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп.).

3. ГОСТ Р ИСО 45001-2020. Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению. – М.: Стандартинформ, 2021.

4. Годовой отчёт о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2024 году. – М.: Ростехнадзор, 2025. URL: https://www.gosnadzor.ru (дата обращения: 14.10.2026).

5. Обзор состояния промышленной безопасности на предприятиях угольной промышленности Кузбасса. – Кемерово: Управление Ростехнадзора по Кемеровской области – Кузбассу. URL: https://www.gosnadzor.ru (дата обращения:14.10.2026).

6. Лавитская М.А., Лизарькина Е.А. Угольная отрасль Кузбасса: проблемы и перспективы развития // Уголь. – 2023. – № 4. – С. 44–49.

7. НПФ «Гранч»: комплекс «Умная шахта». URL: https://granch.ru (дата обращения: 14.10.2026).