УДК 622.33;.331.453:004

Михайленко Екатерина Дмитриевна
(ООО «МАКСЭВОЛЮШН» г. Санкт-Петербург)
Фомин Анатолий Иосифович, профессор, д.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)
Ворошилов Ярослав Сергеевич, д.т.н.
(ООО «Кузбасс – ЦОТ Электро, г. Кемерово)

Mikhailenko Ekaterina Dmitrievna
(MAXEVOLUTION LLC, Saint Petersburg)
Fomin Anatoly Iosifovich, Professor, Doctor of Technical Sciences
(KuzSTU, Kemerovo)
Voroshilov Yaroslav Sergeevich, Doctor of Technical Sciences
(Kuzbass-TSOT Electro LLC, Kemerovo)

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE COAL INDUSTRY

Аннотация

Одним из ключевых трендов по созданию новых возможностей и перспектив для развития различных секторов экономики является цифровизация. Угольная промышленность традиционно относится к одной из наиболее капиталоемких, сложных и опасных отраслей, но в то же время являющаяся одной из важнейших отраслей экономики России, где активно внедряет цифровые технологии для устойчивого развития.

Annotation

One of the key trends in creating new opportunities and prospects for the development of various sectors of the economy is digitalization. The coal industry has traditionally been one of the most capital-intensive, complex, and dangerous industries, but at the same time it is one of the most important sectors of Russia’s economy, where digital technologies are actively being implemented for sustainable development.

Программой развития угольной промышленности России на период до 2050 года поставлена грандиозная стратегическая цель – к 2050 году довести годовую добычу угля в стране до 662 млн. тонн, в том числе поставки на внутренний рынок планируется довести до 231, 7 млн. тонн, а на экспорт до 350 млн. тонн [1].

Прирост объемов добычи угля будет расти за счет внедрения безлюдных и беспилотных технологий, масштабной цифровой и технологической трансформации, при этом будет обеспечивается промышленная и экологическая безопасность ведения горных работ. Так, при подземной добыче угля будут внедряться роботизированные системы бурошнековой и скребково-струговой выемки угля, а на горнопроходческих работах новый класс горнопроходческих машин – геоходы.

С помощью датчиков будет вестись дистанционный мониторинг и управление горным производством, что позволит оперативно реагировать на любые отклонения от технологического режима, повышать безопасность и рентабельность производства.

Кемеровская область – Кузбасс, как отмечено в Программе, по-прежнему остается одним из ведущих угледобывающих регионов страны, обеспечивая ее энергобезопасность.

В то же время показатели травматизма, профессиональной заболеваемости на предприятиях угольной промышленности Кузбасса остаются высокими. Так, за 2025 год, из общего числа пострадавших при несчастных случаях на производстве в Кемеровской области – Кузбассе 724 человека на предприятиях по добыче полезных ископаемых производственные травмы получили 242 работника, что составило 33,4% от общего числа пострадавших, в том числе 11 человек получили травмы со смертельным исходом. На 1 тысячу работающих уровень производственного травматизма при добыче полезных ископаемых достиг 2, 8 случая. Уровень профессиональной заболеваемости в области за 2025 год составил 7,89 случаев на 10 тыс. работающих, что превышает среднероссийский показатель (0,79 случая) в 10 раз. В 2025 году на предприятиях по добыче полезных ископаемых зарегистрировано 464 случая, в том числе 453 случая на предприятиях по добыче угля.

Анализируя материалы расследования аварий, несчастных случаев и профессиональных заболеваний на предприятиях угольной отрасли можно уверенно говорить о том, что их основной причиной является человеческий фактор. Отечественные и зарубежные ученые в своих научных работах отмечают, что в большинстве своем до 90 % в авариях и несчастных случаях на производстве виновен сам человек из-за преднамеренных или не преднамеренных ошибочных действий при выполнении технологических процессов [2 – 6].

Сам термин – человеческий фактор, имеет множество значений, описывает возможность принятия человеком ошибочных решений в конкретных производственных ситуациях. Впервые термин человеческий фактор в 1921 году применил английский экономист Берджамин Сиб в своей книге «Человеческий фактор в предпринимательстве».

В ГОСТе п. 2.2.66 приводится понятие **человеческий фактор** – совокупность личностных характеристик и поведения работающего,

вызывающая в процессе трудовой деятельности преднамеренные или непреднамеренные, но неверные, действия различного характера, в итоге приводящие к опасным происшествиям и ситуациям, инцидентам, авариям, несчастным случаям, производственно-обусловленным и профессиональным заболеваниям [7].

Решение вышеуказанных проблем во многом будет зависеть от того, как комплексно и эффективно будут внедряться цифровые технологии у угольной промышленности.

В настоящее время наиболее широко при анализе человеческого фактора используется концептуальная модель «SHEL», аббревиатура которой составлена из начальных букв английских названий её составных элементов это Software, Hardware, Environment, Liveware [ЧФ 8].

Появление цифровых технологий и внедрение их в горное дело — это путь от первых экспериментов с ЭВМ до сложных интегрированных систем и «цифровых двойников». Выделим несколько ключевых этапов, которые хорошо показывают эту эволюцию:

1. Появление на крупных предприятиях, в проектных и научных организациях **электронных вычислительных машин** (ЭВМ). На этом этапе решение задач носило в основном демонстрационный характер: технологии пробовали «на зуб», но они слабо внедрялись в реальный рабочий процесс и практически не давали ощутимого экономического эффекта. Однако уже тогда сформировалось понимание: для решения сложных горных задач нужен комплексный подход с применением специализированного программного обеспечения. Постепенно область дифференцировалась: появились отдельные направления — горно-геологические информационные системы (ГГИС), системы диспетчеризации, инструменты для обеспечения геомеханической безопасности, программы для проектирования скважинной отбойки и проветривания выработок.

2. Далее начала применяться **локальная автоматизация отдельных задач**. Это произошло тогда, когда на рынке появилось много узкоспециализированных компьютерных программ. Именно тогда предприятия стали автоматизировать отдельные участки: геологию, маркшейдерию, планирование работ, диспетчеризацию. Несмотря на то, что технология производства не изменилась кардинально, такая автоматизация дала локальный эффект — отдельные процессы стали эффективнее. Оставалась проблема, которая заключалась в том, что системы часто работали изолированно, и обмен данными между ними был затруднён.

3. Следующий шаг — **появление информационных систем**, которые объединяли цифровые инструменты для решения групп задач, тематически связанных между собой. Например, горно-геологические информационные системы начали с моделирования геологической среды, а затем расширили функционал, добавив инструменты для маркшейдерских

задач, проектирования и планирования горных работ. В результате сформировались отдельные «цифровые пространства» для разных направлений, и между ними уже налаживался обмен данными. Это заметно повысило эффективность управления.

4. Ключевой особенностью следующего этапа стала **унификация** цифровых инструментов на базе единой платформы, создание так называемого единого цифрового пространства. Это позволило минимизировать потери времени на трансформацию и передачу данных между системами. Специалисты стали работать в едином цифровом пространстве, где все объекты и процессы представлены в виде динамических моделей. Цель — создать «бесшовную» технологию работы с данными.

5. Следующим этапом, а точнее, амбициозной целью, к которой движутся наиболее продвинутые предприятия, является создание «цифрового двойника», суть которого заключается в том, чтобы установить **онлайн-связь** в реальном времени между реальными объектами (геологической средой, горными выработками, оборудованием, системами мониторинга, персоналом) и их цифровыми моделями. Такой «цифровой двойник» закладывает основу для глубокой автоматизации и роботизации, открывая путь к малолюдным технологиям добычи.

На разных этапах драйверами становились разные факторы:

- рост глубины разработки месторождений;
- усложнение горно-геологических условий;
- ужесточение экологических норм;
- необходимость повышать безопасность;
- стремление снижать издержки и повышать управляемость.

С целью повышения эффективности производства, уровня его безопасности, снижения затрат цифровые технологии активно используются на многих зарубежных горнодобывающих предприятиях еще с начала 90-х годов. Так, в 1990-е годы крупная американская компания по производству строительной и горнодобывающей техники Caterpillar Inc. проводила первые эксперименты с автономными карьерными самосвалами с использованием удаленного мониторинга и управления техникой. В 2008 году в Австралии запущен проект Rio Tinto Group «Рудник будущего», позволяющий управлять добычей в районе Пилбара из центра в Перте. А 2014 год ознаменовался полной автоматизацией добычи в Пилбаре (Австралия) и в карьере Бингам Каньон (США). В 2025 году в Китае запущен первый в мире карьер с парком из 100 автономных самосвалов (разрез Иминь), где инфраструктура построена на базе 5G-A и облачной платформы.

Горнодобывающая отрасль России имеет огромный потенциал для развития и внедрения цифровых технологий. На отечественных горнодобывающих предприятиях развернута масштабная цифровая

трансформация, ориентированная на импортозамещение, повышение безопасности и операционной эффективности. По данным ключевых отраслевых исследований 2026 года, компании переходят от точечного тестирования к прагматичному внедрению комплексных ИТ-решений. [9, 10, 11].

Такой подход значительно влияет на эффективность процессов добычи, обогащения полезных ископаемых, а также уровень безопасности на горнодобывающих предприятиях. И если раньше часто провал отдельных проектов был связан с тем, что технологию внедряли «для галочки», не связав её напрямую с реальными производственными проблемами и целями, то сегодня в отрасли наблюдается смена парадигмы: компании подходят к внедрению прагматично, оценивая, какой конкретный результат (например, снижение себестоимости, повышение безопасности) принесёт та или иная технология. Цифровые технологии проникают во все звенья угольного производства – от маркшейдерской съёмки до управления цепочками поставок. Примерами цифровизации на горнодобывающих предприятиях являются такие, как внедрение беспилотных самосвалов на разрезах СУЭК, проекты «Норникеля» с автономными подземными машинами, цифровая платформа управления подземными работами на АО «Яковлевский ГОК».

Кузбасс остаётся лидером в России по цифровизации горнодобывающей отрасли. Такая оценка звучит в докладах Министерства угольной промышленности региона. Распоряжением Правительства РФ от 11 мая 2022 года № 1144 официально утверждена и реализуется программа «Чистый уголь — Зелёный Кузбасс» (29 проектов, 16 млрд рублей финансирования), где цифровизация горного производства — одно из ключевых направлений [12].

ООО «Распадская угольная компания» одна из первых начала внедрять цифровые технологии – при обучении шахтеров, для повышения эффективности производства и безопасности производственных процессов.

Приоритетными задачами цифровой трансформации является качественное улучшение операционных показателей. Для этого в Компании применяются модульные и автоматизированные системы, предиктивная диагностика, мониторинг экологических и геомеханических показателей, а также цифровые инструменты управления обучением и соблюдением требований охраны труда и промышленной безопасности.

В настоящее время существует целый комплекс взаимосвязанных проблем цифровизации угольной промышленности: это технические, правовые, экономические, кадровые, организационные и управленческие проблемы и кибербезопасность.

Безусловно, решение данной проблемы потребует совместных усилий науки, производства, бизнеса с участием государства.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 22.09.2026 № 2606-р. «О Программе развития угольной промышленности России на период до 2050 года».

2. Фомин А.И., Волгина Е.А. Человеческий фактор в обеспечении промышленной безопасности на предприятиях угольной промышленности // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2024. № S1. С. 49–55. DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.51.29.007.

3. Неволина Е.М. Снижение травматизма на горнодобывающем предприятии на основе развития компетентности персонала: дис. канд. техн. наук. Челябинск, 2004. 128 с.

4. Ворошилов Я.С. Научное обоснование и разработка технических решений для контроля пылевой обстановки горных выработок угольных шахт с учетом человеческого фактора: дис. д-ра техн. наук. Кемерово, 2020. 308 с.

.5. Оценка влияния человеческого фактора на уровень профессионального риска / Н. О. Зонова, Е. В. Бакико, В. В. Кулешов, В. С. Сердюк // Безопасность жизнедеятельности. – 2022. – № 12(264). – С. 3-12.

6. Баширов, З. А. Контроль и управление небезопасными действиями работников на основе нечетких показателей / З. А. Баширов, В. В. Кулешов, А. 17 И. Фомин // Безопасность труда в промышленности. – 2024. – № 5. – С. 7-12. – DOI 10.24000/0409-2961-2024-5-7-12.

7. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. ГОСТ 12.0.002-2014 (утв. Приказом Росстандарта от 19.10.2015 № 1570-ст).

8. Тиц, С. Н. Человеческий фактор [Электронный ресурс]: электрон, учеб. пособие / С. Н. Тиц; Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм, ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон, текстовые и граф. дан. (3,25 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

9. Аналитическое исследование Kept и ГК «Цифра» (сентябрь 2026 года) – «Горная промышленность России: инвестиции в цифровые технологии – 2026 и взгляд в будущее».

10. Материалы Евразийского промышленного форума (выставка «Рудник 2026») — секция «Будущее горной промышленности 2026 – Цифровизация горной отрасли».

11. Отраслевой ИТ-портал TAdviser – аналитическая база и статьи по теме «Цифровизация горнодобывающей промышленности».

12. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 1144-р (в ред. от 31.01.2026 г.) Комплексная научно-техническая Программа полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации,

создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения».