



Стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли Кузбасса

Л.И. Власюк¹, Д.Н. Сиземов², О.В. Дмитриева¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Московская школа экономики, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 61

²АО «Сибирская угольная энергетическая компания», Дивизион «Уголь»,
115054, Москва, ул. Дубининская, д. 53, стр. 7

Аннотация. Цифровая трансформация экономики является глобальным трендом. Цифровизация становится стратегическим приоритетом для большинства компаний независимо от отраслевой принадлежности, формы собственности и специфики бизнеса. В статье представлены стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли Кузбасса, являющиеся частью разрабатываемой под руководством и по методологии академика В.Л. Квинта Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области – Кузбасса до 2035 г. и на более длительную перспективу. Стратегический анализ деятельности мировых лидеров в горнодобывающей отрасли показал, что первоочередной шаг в направлении цифровизации связан с изменением системы стратегического управления и созданием центра цифровой трансформацией. Выделены уровни цифровизации горнодобывающего предприятия: автоматизированное производство, управление цифровыми потоками, «умное производство». Основные стратегические приоритеты цифровизации угольной отрасли Кузбасса: автоматизированные диспетчерские системы, управление надежностью оборудования, энергоэффективность производства, роботизация, цифровое моделирование, промышленная безопасность и охрана труда. Предприятия угольной отрасли формируют собственный путь цифровой трансформации, самостоятельно определяя перечень необходимых цифровых технологий. Угольная промышленность Кузбасса в ближайшей перспективе станет крупнейшим региональным частным покупателем инноваций и технических решений. Цифровая трансформация угольной отрасли позволит автоматизировать производственные процессы, повысить производительность труда и оборудования, уровень промышленной и экологической безопасности, показатели эффективности отрасли и улучшить качество жизни работников предприятия и жителей Кузбасса.

Ключевые слова: стратегия, стратегический приоритет, стратегическое управление, цифровая трансформация, цифровизация, горнодобывающая промышленность, угольная отрасль, автоматизация, роботизация, Кузбасс

Для цитирования: Власюк Л.И., Сиземов Д.Н., Дмитриева О.В. Стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли Кузбасса. *Экономика в промышленности*. 2020. Т. 13. № 3. С. 328–338. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-328-338

Strategic priorities of digital transformation of coal industry of Kuzbass

L.I. Vlasyuk¹, D.N. Sizemov², O.V. Dmitrieva¹

¹Moscow School of Economics Lomonosov Moscow State University,
1-61 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

²Siberian Coal Energy Company JSC, Coal Division,
53/7 Dubininskaya Str., Moscow 115054, Russia

Abstract. Digital transformation of the economy is a global trend. Digitalization has become a strategic priority for most companies no matter which industry they belong to, which form of property they are and how specific their business is. The article presents strategic priorities of digital transformation of Kuzbass coal industry. These priorities are part of 'Strategy for social and economic development of the Kemerovo region (Kuzbass) up to 2035 and for

longer perspective' developed under the guidance and according to methodology of Dr. V.L. Kvint. Strategic analysis of world leaders' activity in mining industry has shown that the first step to digitalization is connected with changes in the strategic management system and creating a digital transformation centre. The authors define the levels of digitalization of a mining company: automated production, digital flow control, "smart production". The basic strategic priorities of digitalization of coal industry of Kuzbass are automated dispatching systems, equipment reliability management, energy efficiency of production, robotization, digital modeling, industrial labour safety and security. Coal industry enterprises create their own way of digital transformation and determine the list of essential digital technologies by themselves. Kuzbass coal industry will become the largest regional individual buyer of innovations and technical decisions in the nearest perspective. Digital transformation of coal industry will help automate the industrial process, increase labour and equipment productivity, and raise the level of industrial and environmental security and the industry's efficiency indexes, and improve the life quality of employees and people of Kuzbass.

Keywords: strategy, strategic priority, strategic management, digital transformation, digitalization, mining, coal industry, automation, robotization, Kuzbass

For citation: Vlasyuk L.I., Sizemov D.N., Dmitrieva O.V. Strategic priorities of digital transformation of coal industry of Kuzbass. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2020. Vol. 13. No. 3. Pp. 328–338. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-328-338

库兹巴斯煤炭工业数字化转型的战略优先事项

弗拉秀克 L.I.¹, 希捷莫夫 D.N.², 德米特里耶娃 O.V.¹

¹莫斯科国立大学莫斯科经济学院, 莫斯科, 119991, 列宁山1号, 61栋

²“西伯利亚煤炭能源公司”股份公司, 煤炭部, 115054, 莫斯科, 杜比宁斯卡亚大街53号, 7栋

简评.经济的数字化转型是全球趋势。无论行业、所有权性质和业务特点如何, 数字化已经成为大多数公司的战略优先事项。本文介绍了库兹巴斯煤炭工业数字化转型的战略优先事项, 这是在弗拉基米尔·昆特院士及其方法论指导下正在开发的克麦罗沃地区社会和经济发展战略—库兹巴斯2035及更长期战略的优先事项之一。对采矿业世界领导者活动的战略分析表明, 迈向数字化的第一步涉及到战略管理体系的变化和数字化转型中心的建立。文章列出了采矿企业的数字化水平: 自动化生产, 数字流管理, “智能生产”。库兹巴斯煤炭工业数字化的主要战略优先事项是: 自动化调度系统, 设备可靠性管理, 生产的能源效率, 机器人化, 数字建模, 工业安全和劳动保护。煤炭行业的企业应形成自己的数字化转型途径, 独立确定必要的数字技术清单。在不久的将来, 库兹巴斯的煤炭工业将成为创新和技术解决方案的最大的地区私人买家。煤炭行业数字化转型的结果将是: 生产流程自动化, 提高劳动生产率 and 设备生产率, 提高产业和环境安全水平, 提高行业效率指标并改善公司员工和库兹巴斯居民的生活质量。

关键词: 战略, 战略优先事项, 战略管理, 数字化转型, 数字化, 采矿业, 煤炭业, 自动化, 机器人化, 库兹巴斯

Введение

Цифровая трансформация (цифровизация) экономики является глобальным трендом и представляет собой качественные изменения, которые позволяют преобразовать структуру

экономики и осуществить переход на новый технологический уклад. Цифровую трансформацию следует рассматривать шире, чем применение информационных технологий, это появление новых отраслей, бизнес-процессов,

цифровых моделей и активов. Ключевые цифровые технологии (накопление и обработка сверхбольших массивов данных, промышленный интернет, роботизация, искусственный интеллект и др.) трансформируют традиционные промышленные операции, предоставляя стратегические возможности для роста бизнеса.

В России обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере является одной из национальных целей развития [1]. Разработка и реализация стратегии цифровизации должна стать приоритетом для большинства компаний независимо от отраслевой принадлежности, формы собственности и специфики бизнеса.

В разрабатываемой под руководством академика В.Л. Квинта Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области – Кузбасса до 2035 года и на более длительную перспективу в контуре стратегических приоритетов, касающемся цифровизации экономики Кузбасса, значительное место отведено перспективам развития цифровых технологий в угольной отрасли региона.

Цифровая трансформация угольной отрасли обеспечит автоматизацию большинства производственных процессов, позволит управлять эффективностью добычи, увеличить рентабельность предприятий отрасли, приведет к росту производительности труда и повышению конкурентоспособности отрасли, а также, одним из важнейших достижений внедрения цифровых технологий является снижение аварийности и травматизма на производстве.

Ужесточение нормативных требований к охране окружающей среды и технике безопасности промышленного производства, способствует к формированию негативного отношения к горнодобывающей отрасли, в частности к угольной. По результатам анализа 40 крупнейших по показателю капитализации предприятий горнодобывающей промышленности мира (ТОП-40), компания PricewaterhouseCooper отметила, что несмотря на устойчивое финансовое положение и результаты ТОП-40 компаний за последние годы, инвесторы обеспокоены негативным освещением их деятельности в СМИ, неопределенным будущим некоторых сырьевых товаров, в том числе угля, и способностью отрасли управлять ожиданиями инвесторов и клиентов [2].

Цифровая трансформация угольной отрасли региона станет дополнительным фактором, нивелирующим негативное отношение к горнодобывающей отрасли, продемонстрирует, что ведущие угольные компании идут в ногу со

временем и изменениями, в своих стратегиях развития акцентируют внимание на экологическую и промышленную безопасность, опираясь на передовые цифровые технологии.

В регионе уже сегодня угольные предприятия, такие как АО «СУЭК», АО ХК «СДС-Уголь» применяют инструменты цифровизации и являются лидерами отрасли в этом направлении. В рамках научно-образовательного центра «Кузбасс» планируется реализация проекта «Цифровое горное предприятие», индустриальным партнером которого выступает компания АО ХК «СДС-Уголь», который предполагает создание первой в России цифровой платформы для горнодобывающей отрасли.

Согласно методологии стратегирования академика В.Л. Квинта обоснование стратегических приоритетов строится на анализе глобальных и национальных трендов цифровизации в угольной отрасли [3, 4].

Стратегический анализ деятельности мировых лидеров цифровой трансформации горнодобывающей отрасли

Стратегический анализ деятельности мировых лидеров цифровой трансформации в горнодобывающей отрасли, таких как Anglo-American PLC (Великобритания) и Vale S.A. (Бразилия), показал, что первоочередным шагом в направлении цифровизации стало создание центров по стратегическому управлению цифровой трансформацией.

Компания Vale S.A. создала интегрированный операционный центр на шахте Агуас Кларас (Mina de Águas Claras). Центр агрегировал информационные потоки производственных операций, что обеспечило комплексное представление о ситуации на руднике, железных дорогах, портах и морских перевозках до конечного пункта назначения руды, принятие решений стало более рациональным и направленным на оптимизацию процессов и эффективность использования ресурсов [5].

Компания Anglo-American PLC одна из первых создала Единый центр цифровой трансформации. Мобильные устройства и приложения, облачные технологии, аналитика, сенсоры, продвинутая робототехника, виртуальная реальность, когнитивные вычисления и искусственный интеллект – все это цифровые технологии, перевернувшие традиционные бизнес-модели. Добыча полезных ископаемых переживает колоссальный сдвиг, благодаря пространственным (или геопропространственным) данным [6].

Специалисты Всемирного экономического форума (World Economic Forum) определили четыре направления, которые будут играть решающую роль в цифровом преобразовании горнодобывающей и металлургической отраслей до 2025 года, окажут значительное влияние на производственно-сбытовую цепочку отрасли, ее трудовые ресурсы, смежные отрасли, окружающую среду и общество в целом [7].

1. *Автоматизация, робототехника и операционное оборудование.* Использование аппаратных средств с цифровым управлением для выполнения или улучшения работ, которые выполнялись вручную или с помощью управляемого человеком оборудования. В данном направлении возможно движение от автоматической механизации на отдельных этапах процесса до интегрированной автоматизации на всех этапах производства с использованием робототехники и беспилотных летательных аппаратов на предприятиях – цифровых первопроходцах.

2. *Цифровая поддержка рабочей силы.* Использование подключенной мобильности, виртуальной и дополненной реальности для расширения возможностей полевых, удаленных и централизованных работников в режиме реального времени. Возможен переход от низкой информированности работников и готовности использовать мобильные и другие цифровые технологии, когда на предприятии почти не используются подключенные устройства для поддержки рабочих мест к интегрированной мобильной технологии с удаленными операционными центрами, предоставляющая информацию в режиме реального времени и хорошо обученному персоналу, который использует новые возможности цифровых технологий.

3. *Цифровые платформы и экосистемы.* Связывание операций, ИТ-уровней и устройств или систем, которые в настоящее время отделены друг от друга. Возможен переход от разрозненных в процессе эксплуатации систем к просмотру операций в реальном времени на уровне предприятия через интегрированную платформу, обрабатывающую сверх большие массивы данных. У предприятий лидеров цифровой трансформации процессы и стандарты ориентированы на функциональную совместимость и гибкую интеграцию новых технологий; сформирована корпоративная функция информационной безопасности со своим стратегическим планом развития

4. *Аналитика нового поколения и поддержка принятия решений.* Использование

алгоритмов и искусственного интеллекта для обработки данных из источников внутри и за пределами традиционной цепочки создания стоимости, чтобы обеспечить поддержку принятия решений в режиме реального времени и прогнозов на будущее. Движение от принятия решений на основе разрозненных источников данных, скорректированных вручную к автоматической идентификации знаний в актуальную и полезную информацию для лиц, ответственных за принятие решений на всех уровнях. Возможность использовать полные наборы данных и аналитику для выявления областей совершенствования, моделирования сценариев и проектов, а также для определения оптимальных решений.

Обозначенные направления прослеживаются в стратегиях всех иностранных компаний, включившихся в процесс трансформации бизнеса, именно они будут играть центральную роль в цифровизации горнодобывающей отрасли в течение следующего десятилетия.

Обобщая международный опыт можно констатировать, что цифровая трансформация горнодобывающих предприятий будет происходить постепенно и на нескольких уровнях: от автоматизированного производства, через управление цифровыми потоками к киберфизическим системам (таблица).

Стратегические приоритеты цифровизации угольной отрасли Кузбасса

Основные стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли Кузбасса: мониторинг и диспетчерский контроль, управление надежностью оборудования, энергоэффективность производства, роботизация, цифровое моделирование, промышленная безопасность и охрана труда. Рассмотрим какие технологии уже используются на горнодобывающих предприятиях и какие стратегические перспективы открываются для угольных компаний Кузбасса в ближайшие 10–15 лет, какие эффекты предприятия отрасли получат реализовав стратегические приоритеты цифровой трансформации.

Диспетчерский контроль. Оперативность и детальность диспетчерского контроля многократно выросла за счет автоматизации. Системы автоматизированного диспетчерского контроля на горных предприятиях являются поставщиками исходных данных для перспективных решений других областей применения. Этот приоритет оказывает влияние на отраслевые стандарты, способствует формированию

Уровни цифровизации горнодобывающего предприятия [Mining digitalization levels]			
№ п/п	Уровни цифровизации	Технологии	Функции
1.	Стандартизация и автоматизация производства	Датчики, сенсоры	Сбор и передача информации
		Системы автоматизированного проектирования (CAD/CAE/CAM)	Инженерные чертежи, схемы, проведение НИОКР
		Системы промышленной цифровизации (ERP, MES)	Системы планирования и управления ресурсами предприятия
		Предиктивная аналитика	Прогнозирование будущего поведения объектов и субъектов с целью принятия оптимальных решений
2.	Управление цифровыми потоками и прозрачность производства	Промышленные и коботлаборативные роботы	Коллаборативные работы, работают совместно с человеком в производстве
		Виртуальная и дополнительная реальность (VR, AR)	Виртуальная реальность – симуляция реального мира. Дополнительная реальность – дополнение физического мира данными в режиме реального времени
		Имитационное моделирование	Проведение экспериментов в виртуальной реальности на основе компьютерных технологий
		Инструменты углубленной аналитики	Возможность в кратчайшие сроки извлекать из «Больших Данных» полезную и релевантную информацию для моментального реагирования
		Автономный транспорт	Беспилотные транспортные средства
3.	Умное производство (киберфизические системы)	Цифровой двойник	Виртуальная модель производства, обновляющиеся в режиме реального времени данные о состоянии, передвижении оборудования, персонала, материалов и комплектующих
		Машинное взаимодействие	Передача данных между машинами и оборудованием, а также их самообучение
		Искусственный интеллект	Самооптимизация оборудования и принятие решений без участия человека

Источник: составлено авторами.

новых профессий, связанных с контролем оперативной производственной ситуации.

Агрегация в едином представлении мониторинга производственной обстановки по всем процессам предприятия позволяет контролировать взаимодействие, перемещение ресурсов и продуктов между ними, отслеживать угрозы безопасности. К примеру, практика совмещения мнемосхем мониторинга процессов и средств видеоконтроля на обогатительных фабриках и шахтах АО «СУЭК» к 2020 г. привела к созданию Единого диспетчерского аналитического центра, который сочетает в себе функционал систем исполнения производства (MES) и оперативного контроля (SCADA) [8].

Автоматизированный диспетчерский контроль распространяется на неохваченные ранее процессы, например, контроль исполнения бурения, который помимо оперативной исполнительной картины обеспечивает сбор данных о его энергоёмкости. При интеграции с системой

буровзрывного проектирования это позволяет автоматически рассчитывать параметры заряда скважин [9].

Еще одно новое направление автоматизированной диспетчеризации – позиционирование и мониторинг технического состояния шахтного транспорта (дизель-гидравлических локомотивов), ставшее доступным для угольных шахт уже с развитием как взрывозащищенных систем передачи данных, так и бортовой автоматики горных машин. Решение также масштабируемо для учет перемещения грузов в шахте. С учетом существенной стоимости горных машин в приобретении и содержании, это направление является основной перспективой развития диспетчерского контроля. По данным пилотных проектов, стоимость внедрения системы диспетчерского мониторинга шахтного транспорта составляет от 2,6 % годовых затрат на процесс шахтной транспортировки грузов (без учета конвейеров)¹. В результате внедрения ожидается сокращение общего времени простоев до 10 %.

Автоматизированные решения, обеспечивающие контроль отдельных производственных процессов усложняются за счет ввода аналити-

¹В дальнейшем стоимость внедрения оценивается по отношению к годовой стоимости соответствующего процесса с учетом капитальных и операционных затрат (CAPEX и OPEX).

ческих функций, основанных на обработке массивов телеметрии горного оборудования, обеспечивая операционную эффективность процессов.

Автоматизированный учет и классификация простоев оборудования реализуются на базе всех диспетчерских систем и является сквозным интегрированным приложением диспетчерского контроля. Учет простоев задает эффективность оценки интенсивности использования оборудования, что относится к области информационных систем класса MES (реже ERP), требует централизованного ведения справочников и консолидации отчетности. Опыт горных компаний в России отражает начальную степень освоения этого инструмента, при этом в силу интереса к операционной эффективности, указывает на соответствующую стратегическую перспективу: для оборудования открытых горных работ – 3–5 лет, для стационарного оборудования – 4–8 лет, для подземных горных работ – 7–10 лет.

Автоматизация сквозного учета простоев (на примере открытых горных работ), по прогнозам, обещает извлечение резерва коэффициента использования до 10 %. Стоимость внедрения инструмента при наличии диспетчерского инструментария составит менее 0,5 % от годовых затрат на соответствующий производственный процесс.

Онлайн-контроль гранулометрического состава вскрыши и повреждения коронковца представляет собой продукт последних мировых разработок для горного производства с использованием инструментов машинного зрения и искусственного интеллекта – на базе общей технологии объединены два решения. Оба варианта применения этой технологии (для вскрышного забоя и на добычном экскаваторе) реализуются в сквозных интеграциях; сообщение о повреждении, потере коронки средствами диспетчерской системы транслируется на диспетчера производственного комплекса, что в дополнение к машинисту экскаватора обеспечивает резервирование контроля (принцип второй пары глаз).

Технология находится на стадии пилотного внедрения и может быть обозначена в качестве долгосрочного стратегического приоритета. Стоимость внедрения системы в оценках прототипов 2020 г. составляет порядка 0,5 % стоимости экскавации на автотранспорт. В числе ожидаемых эффектов внедрения: увеличение производительности экскаваторов – до 3 % и сокращение их аварийных простоев до – 10 % (в связи с оптимальным разрыхлением вскрыши),

а также сокращение стоимости буровзрывных работ до 2 % за счет повышения оптимизации зарядов скважин.

Управление надежностью оборудования.

Помимо контроля за ходом технологического процесса (SCADA), развитого больше в стационарных производствах и подземных горных работах, для открытых горных работ с их развитой диспетчеризацией и технологическими сетями передачи данных разработчиками и заказчиками намечены определенные цифровые решения, например, автоматизированный поузловой учет наработки самоходного оборудования, и в первую очередь автосамосвалов, основанный на уникальной радиоизлучающей маркировке (RFID) значимых узлов оборудования.

Стратегии горных компаний содержат элементы, связанные с этим подходом и обеспечивающими его инструментами, несмотря на отсутствие финансовых оценок ожидаемых эффектов.

Онлайн-мониторинг технического состояния оборудования связан с наблюдением изменяемых параметров непосредственно в ходе работы. Замена труда по контролю за состоянием на автоматизацию радикально меняет положение вещей в этом вопросе [10].

При условии определения рабочих интервалов значений для каждого параметра автоматизированная система самостоятельно фиксирует устойчивые выходы из них и сигнализирует сервисному персоналу. Вместе с измененным подходом к управлению надежностью (контролю за состоянием) это позволяет сократить аварийные простои. Оценка пилотных проектов за 2019–2020 гг. для карьерных самосвалов показывает стоимость внедрения таких систем на уровне 0,5 % стоимости экскавации на автотранспорт. С учетом коэффициента использования оборудования (на уровне 0,82), анализ ожидаемых эффектов показывает окупаемость внедрения в пределах 1 года.

Роботизация. Массовые производственные операции в горных работах, связанные с одной стороны с рисками промышленной безопасности, а с другой – с необходимостью согласования действий между участниками, в стратегической перспективе будут выполняться автономными машинами и комплексами. Такие изменения продиктованы требованиями как промышленной безопасности, так и операционной эффективности – оба направления стимулируются конкуренцией в самом горном производстве. Производственные операции, по

которым наметился мировой тренд серийной роботизации, касается открытых горных работ.

Роботизация горно-транспортных работ на сегодня является наиболее доступным направлением полно-автономного горного производства [11]: хотя прототипы робот-экскаваторов и фронтальных погрузчиков еще далеки от промышленного применения, внедрение беспилотных самосвалов по состоянию на 2020 г. насчитывает уже более 500 единиц (Caterpillar, Komatsu в западных горно-добывающих компаниях, прежде всего – Rio Tinto). Современные роботизированные карьерные самосвалы представляют собой модификацию серийных моделей с ручным управлением, которые оснащаются оборудованием автоматического управления, что обеспечивает выполнение команд центральной информационной системы.

Первым примером, определяющим стратегическую перспективу роботизации автотранспортировки горной массы в России, является пилотный проект, выполненный компаниями АО «СУЭК» и ГК «Цифра» на Черногорском Разрезе (респ. Хакасия) в 2018–2020 гг. Завершающими испытаниями на проекте подтверждено повышение производительности (в количестве рейсов за смену) роботизированных самосвалов по сравнению с управляемыми человеком на 20 %, а также снижение удельного расхода ГСМ на 13 %. Это соответствует официальной практике Caterpillar, которая наряду с этими показателями, заявляет экономию на крупногабаритные шины порядка 25 % и на ремонтах шасси самосвала – порядка 10 % [11–14]. Помимо роботизации карьерных самосвалов, на горных предприятиях будет внедряться челночный способ их движения, исключая маневры из операционного цикла, и требующий измененной (бескабинной) конструкции машин [15].

Оценки стоимости внедрения и экономической эффективности не могут быть сформированы ввиду недостатка практики, положительный эффект пилотного внедрения подтвержден. При тиражном использовании эффект будет дополнен экономией на обеспечении персонала в труднодоступных и малонаселенных зонах.

Роботизация буровзрывных работ менее распространена, однако к 2020 г. счет внедрения роботов-буровзрывных станков в мире уже идет на десятки. Среди публикуемых эффектов – сокращение среднего времени технологического цикла на 20 % за счет производительности, оптимизация расхода взрывчатых веществ, сокращение затрат на экскавацию вскрышных пород за счет точности бурения [16].

Промышленная безопасность и охрана труда. Области промышленной безопасности и охраны труда на отечественных горных предприятиях в постсоветское время пользовались наименьшим вниманием разработчиков цифровых решений. В последние несколько лет обогнали разнообразие готового или компонентного программного обеспечения и оборудования.

Автоматическое позиционирование персонала открытых горных работ использует функционал диспетчерских систем вместе с возможностями индивидуальных электронных браслетов [17]. Обеспеченное спутниковой навигацией решение позволяет наблюдать объект равномерно по поверхности выработки. Система предполагает наличие выделенного диспетчера по промышленной безопасности. На рынке предлагается более 10 систем, реализующих подобный набор инструментов (RealTrac, Hexagon, Гудвин и др.), открывая обширные перспективы для нового поколения мер обеспечения безопасности людей на горном производстве.

Стоимость внедрения таких систем оценивается на уровне 2 % годовых затрат экскавации на автосамосвалы. Внедрение требует наличия на предприятии автоматизированной системы диспетчеризации (АСД).

Онлайн контроль усталости машинистов и водителей нацелен на предотвращение инцидентов промышленной безопасности, вызванных засыпанием людей, управляющих карьерным транспортом и техникой. В основе решения лежит автоматическое распознавание и анализ мимики человека по видеоизображению. Интеграция такой системы с АСД позволяет обеспечить «вторую пару глаз» на стороне диспетчера по промышленной безопасности в дополнение к штатной светошумовой сигнализации.

Это техническое решение не является новым и, как минимум, последние 10 лет применяется в западных странах для рейсовых грузовых машин и автобусов, для горнодобывающих компаний в России это направление остается стратегической перспективой. В ценах 2020 г. оснащение парка самосвалов таким решением обходится порядка 1 % годовых затрат экскавации на автотранспорт.

Комплексный дистанционный контроль промышленной безопасности – один из новейших трендов автоматизации, ставший доступным в России в последние 5 лет, благодаря развитию систем телеметрии горных машин и промышленных сетей передачи данных. В основе

этого инструмента лежит оперативный контроль технологических параметров, характеризующих источники рисков промышленной безопасности (уровни водоотливов, концентрация газов в рабочей атмосфере, интенсивность работы обеспечивающего оборудования и др.). Как и при мониторинге технического состояния, принцип основан на регистрации выхода параметров за нормативные пределы, поэтому в ряде проектов такой функционал реализуют сразу в составе единых диспетчерских центров.

Внедрение дистанционного контроля промышленной безопасности горных предприятий связано со стратегией Ростехнадзора по переходу на риск-ориентированный подход, при котором решение об инспектировании и выдаче предписаний предприятию будут производиться на основе показателей интегральной оценки рисков промышленной безопасности [18].

В среднем по угольным шахтам Кузбасса, потери операционного времени, связанные с остановками производства по нарушениям требований промышленной безопасности, составляют до 10 % годового фонда. Экономический эффект цифровизации связан с извлечением этого резерва. По состоянию на 2020 г. на горных предприятиях нет завершенных внедрений, в связи с чем оценить его полную стоимость пока представляется возможным.

Таким образом, применение на горных предприятиях вышеописанных инструментов цифровой трансформации уже сейчас задает новую форму управления производством, ориентированную на сверхинтенсивный контроль и расчетную оптимальность загрузки ресурсов в моменте. Предприятия за годы внедрения автоматизированных систем формируют свой собственный путь трансформации, точный состав комплекса и его ориентированность в стратегической перспективе остаются объектом субъективного опыта руководства.

Среди разработчиков цифровых инструментов просматривается их собственный комплексный взгляд, выраженный в концепциях «Умная шахта», «Интеллектуальный карьер», «Автоматизированная подготовка производства» и др., которые предлагают покрытие бесшовно интегрированным цифровым инструментарием всей производственной деятельности предприятия или основной ее части. По оценкам разработчиков, успешная комплексная цифровизация обеспечит горнодобывающим компаниям качественно новый уровень эффективности: дополнительное увеличение коэффициента технической готовности/коэффициента

использования оборудования до 25 %; дополнительное снижение затрат на персонал, техническое обслуживание и ремонты до 15 %; гибкую и точную прогнозируемость результатов работы предприятий; равномерность инвестирования в модернизацию; сокращение потерь, связанных с промышленной безопасностью и экологией до 20 %. Совокупная стоимость внедрения такого инструментария оценивается на уровне от 8 % суммарных годовых затрат на производственную деятельность, что позволяет судить о приемлемых параметрах окупаемости и привлекательности подобных проектов в стратегической перспективе.

Заключение

Цифровая трансформация угольной отрасли Кузбасса позволит снизить удельные затраты на производство; увеличить производительность труда и оборудования; повысить эффективность технологических процессов горнодобывающей и смежных отраслей промышленности. Развитие цифрового горного дела с применением технологий искусственного интеллекта, промышленного интернета и др., позволят снизить негативное воздействие на окружающую среду (за счет сокращения потребления топлива, выбросов вредных веществ в атмосферу) до уровня мировых экологических стандартов; сократить количество аварий, инцидентов, несчастных случаев на производстве.

Цифровые технологии направлены на то, чтобы создать действительно современную, безопасную предприятие угольной отрасли, которое удовлетворит возросший спрос на добываемые материалы. Проведя анализ международной и российской практики внедрения цифровых технологий, можно сделать вывод, что для успешной трансформации горнодобывающей промышленности в цифровую реальность необходимо, в первую очередь, разработать стратегию цифровизации предприятия, изменить или создать систему стратегического управления, создать центры цифровой трансформации, обеспечить развитие информационной инфраструктуры и разработать программы повышения квалификации по цифровому развитию. Данные шаги позволят минимизировать риски изменения бизнес-модели предприятия, формировать экосистему с помощью наилучших цифровых решений, повысить показатели эффективности отрасли и улучшить качество жизни работников предприятия и жителей Кузбасса.

Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 7.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837200/> (дата обращения: 26.07.2020).

2. Горнодобывающая промышленность, 2019 г. Ресурсы для будущего. PwC. URL: <https://www.pwc.ru/ru/mining-and-metals/publications/assets/pwc-gornodobyvayuschaya-promyshlennost-2019.pdf> (дата обращения: 23.03.2020).

3. Kvint V. Strategy for the Global Market: Theory and Practical Applications. New York, London: Routledge-Taylor & Francis, 2015. 488 p.

4. Квинт В.Л. Концепция стратегирования. Т. 1. СПб.: СЗИУ РАНХиГС, 2019. 132 с.

5. Vale deploys the Integrated Operations Center in Minas Gerais. 2018. URL: www.vale.com/brasil/EN/aboutvale/news/Pages/vale-implanta-centro-operacoes-integradas-minas-gerais1107-1466.aspx (дата обращения: 13.04.2020).

6. Report Trends in modern mining technology. 2019. URL: <https://www.angloamerican.com/futuresmart/our-industry/technology/trends-in-modern-mining-technology> (дата обращения: 13.04.2020).

7. Digital Transformation Initiative. Mining and Metals Industry. White Paper. World Economic Forum. 2017. URL: <https://reports.weforum.org/digital-transformation/mining-and-metals> (дата обращения: 25.03.2020).

8. Контроль + анализ // Уголь Кузбасса. 2014. № 6. URL: <http://uk42.ru/index.php?id=200> (дата обращения: 26.03.2020).

9. Коваленко В.А., Тангаев И.А. Энергетический принцип контроля и оптимизации технологических процессов на карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № S10. С. 293–301.

10. Клебанов А.Ф., Сиземов Д.Н., Кадочников М.В. Комплексный подход к удаленному мониторингу технического состояния и режимов эксплуатации карьерного автосамосвала // Горная Промышленность. 2020. № 2. С. 75–81. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-75-81

11. Vale truck fleet at Brazil mine going fully autonomous in 2019. MINING DOT COM. 09. 2019. URL: <https://www.mining.com/vale-truck-fleet-at-brazil-mine-going-fully-autonomous-in-2019/> (дата обращения: 21.04.2020).

12. Global mining giants pick autonomous trucks to cut costs. Construction Week. URL: <https://www.constructionweekonline.com/products-services/169830-autonomous-trucks-vehicles-and-machines-show-benefits-for-worlds-largest-mining-companies> (дата обращения: 26.07.2020).

13. Whitehaven Coal reveals cost benefits of autonomous haulage with Hitachi/ International Mining, 18.09.2019. URL: <https://im-mining.com/2019/09/18/whitehaven-coal-reveals-cost-benefits-of-autonomous-haulage-with-hitachi/> (дата обращения: 23.04.2020).

14. Challenges in Mining: Scarcity or Opportunity? Contribution of Advanced Technologies // World Materials Forum/ McKinsey, 2015. 41 p.

15. Круглов Л., Петров Ю. Точное предсказание концепции: Автономный карьерный самосвал Komatsu IAHV // Грузовик Пресс. URL: <http://www.gruzovikpress.ru/article/15015-avtonomniy-karerniy-samosval-komatsu-iahv-tochnoe-predskazanie-kontseptsii/> (дата обращения: 25.04.2020).

16. Mining robots: Rio Tinto doubles down on autonomous drilling. Mining Technology. 29.08.2018. URL: <https://www.mining-technology.com/features/mining-robots-rio-tinto-doubles-autonomous-drilling/> (дата обращения: 25.04.2020).

17. Грачев А.Ю., Новиков А.В., Паневников К.В., Терехов Д.Б. МФСБ в угольной шахте – позиционирование и оповещение персонала // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 2. С. 121–129.

18. Стаинов В.В., Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н. Риск-ориентированный подход в области промышленной безопасности. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 12. С. 67–72. DOI: 10.12737/article_5c1c9960a03a84.05293055

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 No. 204 «On national goals and strategic objectives for the development of the Russian Federation until 2024». Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837200/> (accessed: 26.07.2020). (In Russ.)

2. Mining industry, 2019 Resources for the future. PwC. Available at: <https://www.pwc.ru/ru/mining-and-metals/publications/assets/pwc->

- gornodobyvayuschaya-promyshlennost-2019.pdf (accessed: 23.03.2020). (In Russ.)
3. Kvint V. Strategy for the Global Market: Theory and Practical Applications. New York, London: Routledge-Taylor & Francis. 2015. 488 p.
 4. Kvint V.L. Strategy concept. 2019. Vol. 1. St. Petersburg: SZIU RANKhiGS, 132 p. (In Russ.)
 5. Vale deploys the Integrated Operations Center in Minas Gerais. 2018. Available at: www.vale.com/brasil/EN/aboutvale/news/Pages/vale-implanta-centro-operacoes-integradas-minas-gerais1107-1466.aspx (accessed: 13.04.2020).
 6. Report Trends in modern mining technology. 2019. Available at: <https://www.angloamerican.com/futuresmart/our-industry/technology/trends-in-modern-mining-technology> (accessed: 13.04.2020).
 7. Digital Transformation Initiative. Mining and Metals Industry. White Paper. World Economic Forum. 2017. Available at: <https://reports.weforum.org/digital-transformation/mining-and-metals> (accessed: 25.03.2020).
 8. Control + analysis. *Ugol' Kuzbassa = Kuzbass coal*. 2014. No. 6. Available at: <http://uk42.ru/index.php?id=200> (accessed: 26.03.2020). (In Russ.)
 9. Kovalenko V.A., Tangaev I.A. Energy principle of control and optimization of technological processes in open pits. *Mining informational and analytical bulletin*. 2008. No. S10. Pp. 293–301. (In Russ.)
 10. Klebanov A.F., Sizemov D.N., Kadochnikov M.V. Integrated approach to remote monitoring of technical and operating conditions of mine dump trucks. *Russian Mining Industry*. 2020. No. 2. Pp. 75–81. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-75-81
 11. Vale truck fleet at Brazil mine going fully autonomous in 2019. MINING DOT COM. 09. 2019. Available at: <https://www.mining.com/vale-truck-fleet-at-brazil-mine-going-fully-autonomous-in-2019> (accessed: 21.01.2020).
 12. Global mining giants pick autonomous trucks to cut costs // Construction Week. 17 Mar 2019. Available at: <https://www.constructionweekonline.com/products-services/169830-autonomous-trucks-vehicles-and-machines-show-benefits-for-worlds-largest-mining-companies> (accessed: 26.07.2020).
 13. Whitehaven Coal reveals cost benefits of autonomous haulage with Hitachi. International Mining, URL: <https://im-mining.com/2019/09/18/whitehaven-coal-reveals-cost-benefits-of-autonomous-haulage-with-hitachi/> (accessed: 23.04.2020).
 14. Challenges in Mining: Scarcity or Opportunity? Contribution of Advanced Technologies. *World Materials Forum*. McKinsey, 2015. 41 p.
 15. Kruglov L., Petrov Yu. Tochnoe predskazanie kontseptsii: Avtonomnyy kar'ernyy samosval Komatsu IAHV. *Gruzovik Press = Truck Press*. Available at: <http://www.gruzovikpress.ru/article/15015-avtonomniy-karerniy-samosval-komatsu-iahv-tochnoe-predskazanie-kontseptsii/> (accessed: 25.04.2020). (In Russ.)
 16. Mining robots: Rio Tinto doubles down on autonomous drilling. *Mining Technology*. 29.08.2018. Available at: <https://www.mining-technology.com/features/mining-robots-rio-tinto-doubles-autonomous-drilling/> (accessed: 25.04.2020).
 17. Grachev A.Yu., Novikov A.V., Panevnikov K.V., Terekhov D.B. MFSS in a coal mine – positioning and alert of staff. *Bulletin of Research Center for Safety in Coal Industry*. 2016. No. 2. Pp. 121–129. (In Russ.)
 18. Statinov V.V., Serykh I.R., Chernyshova E.V., Degtyar' A.N. The risk-oriented approach in the field of industrial safety. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhov*. 2018. No. 12. Pp. 67–72. (In Russ.). DOI: 10.12737/article_5c1c9960a03a84.05293055

Информация об авторах / Information about the authors

Власюк Людмила Ивановна – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономической и финансовой стратегии, lvlasyuk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8058-586X>, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Московская школа экономики, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 61

Сиземов Дмитрий Николаевич – канд. тех. наук, заместитель директора по информационным технологиям, sizemovdn@suek.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2167-0324>, АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК), Дивизион «Уголь», 115054, Москва, ул. Дубининская д. 53, стр. 7

Дмитриева Олеся Викторовна – аспирант кафедры экономической и финансовой стратегии, Olesya.dmitrieva@icloud.com, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Московская школа экономики, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 61

Lyudmila I. Vlasyuk – PhD (Econ.), Docent, Associate Professor, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, lvlasyuk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8058-586X>, 1-61 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

Dmitry N. Sizemov – PhD (Eng.), Deputy Director for Information Technology, sizemovdn@suek.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2167-0324>, Siberian coal energy company JSC, Coal Division, 53/7 Dubininskaya Str, Moscow 115054, Russia,

Olesya V. Dmitrieva – Postgraduate, Economic and Financial Strategy Department at Lomonosov Moscow State University' Moscow School of Economics, Olesya.dmitrieva@icloud.com, 1-61 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

Поступила в редакцию 06.06.2020 г.; после доработки 10.09.2020 г.; принята к публикации 17.09.2020 г.