

Перспективы использования цифровых решений и возможностей «Индустрии 4.0» в производственных процессах предприятий горной промышленности

Балашов Алексей Михайлович 

кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», г. Новосибирск, Российская Федерация

E-mail: Ltha1@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время распространение цифровых технологий задает тенденции для трансформации производства и повышения эффективности бизнес-процессов компаний. В промышленном производстве все чаще говорят о переходе к «Индустрии 4.0», что подразумевает внедрение ключевых компонентов и устройств, которые существенно модернизируют производственные процессы, делают их более прозрачными, безопасными и эффективными. Автор данной статьи рассматривает возможности цифровой трансформации горнодобывающих предприятий, показывает, что внедрение цифровых решений позволяет повысить производительность труда и может в некоторой степени нивелировать тенденцию повышения операционных расходов в горнодобывающей промышленности, а также должно способствовать возникновению инновационных подходов к организации бизнеса и расширению производственного потенциала предприятий.

Цель данной статьи – рассмотреть актуальность и необходимость применения современных цифровых технологий в настоящее время, показать возможности использования достижений «Индустрии 4.0» в производственных процессах предприятий горной промышленности и проанализировать особенности цифровой трансформации производства. Использование цифровых технологий дает возможность сделать более оптимальным потребление ресурсов, повысить качество выполнения работ и уровень их безопасности, обеспечить экономию средств, избавить сотрудников от рутинных процедур и увеличить производительность труда. Это позволяет повысить эффективность бизнеса и получать дополнительную прибыль, несмотря на значительные дополнительные затраты на их реализацию данных инициатив. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что цифровизация горнодобывающей индустрии постепенно становится драйвером развития, затрагивает большинство технологических процессов предприятий и диктует необходимость системных изменений в них.

Ключевые слова: цифровизация, трансформация производства, «Индустрия 4.0», производственные процессы, производительность труда, эффективность

JEL codes: L26; L 86; O10

Для цитирования: Балашов, А.М. Перспективы использования цифровых решений и возможностей «Индустрии 4.0» в производственных процессах предприятий горной промышленности /А.М. Балашов. - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2024 - №2. - С.46-53. - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 29.02.2024)

Введение

В настоящее время становится очевидно, что цифровая трансформация приводит к кардинальным изменениям в мире, и цифровые разработки, которые изначально были ориентированы на автоматизацию задач конкретных работников, стали опорой для создания новой технологической парадигмы - цифровой экономики. К инфраструктуре цифровой экономики относится большое количество новейших информационных и коммуникационных технологий, [1]:

- облачные вычисления (Cloud Computing) - информационно-технологическая концепция, предусматривающая обеспечение удобного сетевого доступа по запросам пользователей к общему объему вычислительных ресурсов различной конфигурации, которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с наименьшими эксплуатационными издержками или без обращений к провайдерам;

• Big Data (большие данные)- технология, применяющая различные подходы, инструменты и методы для обработки структурированных и неструктурированных данных (в том числе из независимых источников). Благодаря автоматизации обработки больших данных BigData имеет широкие возможности объединения и анализа отраслевых данных по тому или иному аспекту деятельности. Поэтому, используя эту технологию, можно прогнозировать и предупреждать крупные затраты, выявлять риски для продуктов или услуг, сокращать время на принятие решений. Чаще всего Big Data применяются в нейромаркетинге, поведенческой экономике и управлении цепочками поставок;

• интернет вещей (Internet of Things, IoT)- объединение технологий, подразумевающее оснащение датчиками и подключение к интернету различных приборов и оборудования для осуществления удаленного мониторинга, контроля и управления процессами в реальном времени (в том числе в автоматическом режиме). Интернет вещей позволяет, в частности, отслеживать движение товаров, удаленно оказывать услуги и поддерживать самообслуживание клиентов;

• технологии распределенных вычислений, обеспечивающие доступ к глобально распределенным ресурсам с помощью специального инструментария и применяемые для решения ресурсоемких экономических задач с учетом конкретики и специфики каждой из них;

• когнитивные технологии- программные и аппаратные средства, имитирующие деятельность мозга человека и работающие с пользователем: оценивающие его внимание, отслеживающие его состояние, следящие за работой мозга и пытающиеся «понять» человека. К этим технологиям относятся искусственный интеллект и машинное обучение;

• блокчейн- распределенные (не имеющие централизации) базы данных, каждая запись в которых содержит историю обо всех операциях и владении, надежно защищенную от фальсификаций. Blockchain применяется в торговом финансировании, P2P-транзакциях, заключении смарт-контрактов;

• криптовалюта- виртуальная валюта, эмиссия («добыча», майнинг) которой основана на специализированном применении криптографических алгоритмов.

В настоящее время вопросы цифровизации и перехода к новому технологическому укладу рассматриваются учеными разных стран мира. Л. Гринин, А. Коротаев в одной из своих работ ведут аргументированную дискуссию о переходе к новому технологическому укладу, очертания которого начинают уже складываться в экономиках развитых стран и характеризуются нацеленностью на развитие «высоких» технологий [2]. Э. Ансонг, Р. Боатенг описывают и анализируют бизнес-модели цифровых компаний и их влияние на возможности и человеческий потенциал предпринимателей и наемных сотрудников в цифровом окружении [3]. По-мнению Юдиной Т.Н. и Купчишиной Е.В. цифровая экономика способствует достижению технологического прорыва, созданию новых точек экономического роста и, как следствие, инновационному развитию экономики в целом [4, с.11].

Р. Мец показывает, как новые технологии все более превращаются в необходимые ресурсы жизнедеятельности человека, без которых практически невыполнима современная деловая активность, невозможно совершать банковские платежи, покупки, выбирать места отдыха и заказывать билеты для этой цели. От компьютеров зависит даже безопасность перелетов [5]. К. Эрнандес, Б. Фейт и др. показывают влияние цифровых технологий на экономический рост, производительность труда, формирование новых рынков, а также исследуют такую актуальную на сегодняшний день проблему, как занятость населения [6].

В настоящее время распространение цифровых технологий задает тенденции для трансформации производства и повышения эффективности бизнес-процессов компаний. Согласно данным Росстата, цифровая индустриализация в Российской Федерации в большей степени коснулась отрасли добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, отрасли обеспечения энергией, газом и паром, кондиционирования воздуха, то есть тех отраслей, которые выпускают высокотехнологичную и сложную продукцию и услуги [7].

Основная часть.

В промышленном производстве все чаще говорят о переходе к «Индустрии 4.0». Этот переход подразумевает внедрение следующих ключевых компонентов, которые существенно модернизируют производственные процессы, [8, с. 49]:

- обработка больших данных, применение возможностей нейросетей и искусственного интеллекта;
- цифровая и дополненная реальность, которые значительно повышают эффективность многих технологических процессов;
- концепция Интернета вещей, организующая движение информации между некоторыми физическими объектами, имеющими необходимое технологическое оснащение;
- технология роботизации, которая замещает ручной труд в некоторых технологических процессах;
- облачные технологии, дающие возможности сбора и хранения информации, минуя физические носители.

В контексте горнодобывающей индустрии, первоочередной целью реализации данной программы является увеличение производительности. В частности, сформулирована стратегическая цель достижения роста указанного показателя в пять раз и улучшения ключевых экологических критериев как минимум в 2-3 раза [9, с. 209]. Кроме того, возможности цифровой трансформации могут в некоторой степени нивелировать тенденцию повышения операционных расходов в горнодобывающей промышленности. Согласно оценкам экспертов в данной области, за последнее десятилетие наблюдается рост данного показателя на 90%.

Для обоснования данного утверждения можно предоставить следующие показатели, отражающие средние результаты от процесса внедрения цифровых технологий, [10, с. 39]:

- увеличение прибыли благодаря повышению производительности и сокращению расходов составляет приблизительно 10-15%;
- рост объемов производства при сокращении времени простоя технологического оборудования достигает в среднем 10-15%;
- увеличение скорости процессов разработки в 1,5-2 раза;
- сокращение расходов на реализацию физических тестов продукции благодаря применению технологий имитации составляет от 50% до 70%;
- уменьшение расходов на менеджмент логистических цепочек на уровне 20-30%.
- оптимизация технологических процессов, которая ведет к сокращению расходов приблизительно на 30%.

В странах Западной Европы в течение длительного времени осуществлялось активное создание цифровых продуктов, которые позиционировались как «Горно-геологические информационные системы» (далее - ГГИС) и нашли применение в горной индустрии. Существенное влияние на данный процесс оказало распространение компьютерных технологий, ПЭВМ и расширение инструментов программирования. Данные разработки пришли в нашу страну два десятилетия назад, при этом некоторые из них активно эксплуатируются на сегодняшний день горнодобывающими компаниями, геологоразведочными организациями, проектными и исследовательскими фирмами.

В качестве примера успешной реализации цифровых технологий в горнодобывающей промышленности можно упомянуть австралийскую компанию Rio Tinto Group. Помимо широкой цифровизации бизнес-процессов, данная компания активно внедряет беспилотные транспортные средства, в частности уже использует 73 автономных роботизированных грузовика на своих четырех месторождениях для транспортировки железной руды. Данные транспортные средства функционируют круглосуточно, а их внедрение снижает транспортные расходы на 15%, что составляет значительную долю текущих издержек в деятельности данной компании [7, с. 65].

Обсуждение. Концепция Индустрии 4.0 в контексте текущего состояния горнодобывающей

отрасли.

Текущая интерпретация концепции «Индустрия 4.0» используется для охвата новейших и востребованных технологических достижений, в том числе комплексной цифровой трансформации и использования возможностей искусственного интеллекта и нейросетей. Данная концепция охватывает повсеместную интеграцию цифровых решений в технологические процессы и разработку интегрированных цифровых модулей.

Основные составляющие управления в этой перспективе включают в себя совершенствование и цифровую трансформацию технологических процессов с целью достижения максимальных результатов использования горнотранспортных средств и оборудования. Горнодобывающие предприятия активно продолжают работать над повышением уровня прозрачности, возможностью оперативных ответных действий и усилением технологического контроллинга с использованием возможностей анализа информации. Согласно ожиданиям, количество горнодобывающих предприятий, применяющих цифровые решения в сфере анализа информации, должно вырасти как минимум на треть [11, с. 31].

Процесс цифровой трансформации предполагает создание и развитие цифрового клона или виртуальной копии, которая функционирует синхронно с физическим оригиналом. Кроме того, применение таких цифровых средств, как облачные хранилища и дистанционная оценка оборудования, должно способствовать возникновению инновационных подходов организации бизнеса и расширению потенциала предприятий, а также образованию передовых технологических инициатив. Согласно мнению экспертов, в нашей стране возможно достижение высокой степени автоматизации горных работ с применением беспилотного оборудования, но в ближайшем будущем полноценная замена ручного труда невозможна с экономических и организационных позиций [12, с. 64].

Обеспечение необходимого результата эксплуатации современного оборудования обеспечивается не только путем соблюдения установок по применению, оптимизации и сокращения расходов на проведение ремонтных работ, но также за счет совершенствования их эргономических характеристик. Значительное количество модификаций, внесенных в действующее или новое оборудование, подвергается комплексному анализу эффективности перед созданием физических прототипов. Тем не менее, трактовка этих данных может оказаться нетривиальной, и визуализация результатов, в том числе, в таблично-графической форме, не всегда является полноценным обоснованием при принятии конкретных технических решений.

Текущие инженерные подходы, нацеленные на имитационные технологии, представляют собой надежный инструмент в рассматриваемом контексте. Они включают в себя разработку цифровых прототипов и, в конечном итоге, клонов, что дает возможность провести всестороннюю оценку эргономики оборудования различного уровня в заданных исходных условиях и при их изменении. Важной характеристикой данных моделей выступает высокая наглядность динамических процессов, что часто способствует изменению взглядов заинтересованных лиц на необходимые модификации.

В итоге, применение ключевых аспектов «Индустрии 4.0» является сложным процессом в области науки и техники. Успешная реализация данного процесса требует существенных инвестиций в технологическое оборудование и нематериальные активы в области добычи природных ресурсов [13, с. 88].

Структурные компоненты и функциональные характеристики ГГИС MINEFRAME обеспечивают возможность разработки компьютерных систем для инженерного сопровождения работ на открытых и в подземных горных объектах, которые могут адаптироваться к особенностям каждой горнодобывающей компании. Практически, это означает формирование унифицированного виртуального окружения, способного в будущем поддерживать внедрение автоматизированных технологий в горнодобывающей индустрии [14, с. 64].

Основные структурные компоненты и функциональные характеристики ГГИС MINEFRAME:

1. Редактор изображений GEOTECH-3D разработан с целью создания моделей оборудования горной промышленности и автоматизации выполнения задач, базирующихся на них. GEOTECH-3D оборудован базовым набором средств для создания и управления объектами и специализированными инструментами, служащими для автоматизации выполнения локальных и специфических проблем в данной сфере. Информацию о моделях можно получить через опцию «Инспектор объектов», позволяющую редактировать множество показателей созданных моделей. Важным свойством данного структурного компонента выступает возможность изменения геометрических параметров моделей.

2. Система управления базами данных GEOTOOLS разработана для создания необходимых баз данных геологического характера (включая скважины, борозды и шламовые образцы), их последующего накопления, анализа и вывода отчетной информации. Возможности данной СУБД позволяют автоматизировать задачи с определением рудных интервалов на основе установленных условий и выполнением автоматических переходов в соответствии с заранее выставленными последовательностями действий.

3. Система управления базами данных для производственных средств MINEGEAR разработана с целью эффективной обработки информации о технических устройствах и материальных ресурсах. Эти сведения служат основой для создания технологических систем, а их показатели применяются при планировании производства и анализе расходов на него.

4. ПО (программное обеспечение) для обслуживания баз данных GEOUSERS представляет собой инструмент администрирования, создания копий и изменения составов трех типов баз данных: производственных средств, геологического характера и технологических объектов. GEOUSERS выполняет важные задачи, включая управление правами доступа к моделям и запись действий пользователей в отдельный журнал, что обеспечивает поддержку многопользовательского режима работы самой информационной системы. Возможность отслеживания динамики необходимых данных дает возможность выявить автора изменений и, при необходимости, вернуть объект к предыдущему состоянию.

Опыт интеграции MINEFRAME на множестве отечественных горнодобывающих компаний свидетельствует о ее способности эффективно настраиваться под любые горногеологические условия и объемы выпуска продукции. На текущий момент данная информационная система успешно внедрена на более чем 500 автоматизированных рабочих местах.

В рамках системного подхода, базирующегося на имитационных технологиях, комплексная технологическая система выступает в виде взаимосвязанных компонентов, которые моделируют характеристики физических аналогов. Это наиболее ярко видно при выполнении задачи проектирования подземных работ на участках с высоким напряжением. Здесь важно отметить, что технические решения обязаны подвергаться геомеханической оценке за счет наличия значительных рисков.

Идея, которая реализована с помощью инструментов описываемой информационной системы, состоит в применении итерационного подхода для выявления наилучшего технологического решения. Этот метод подразумевает перебор альтернативных вариантов с учетом показателя напряженно-измененного статуса горных образований.

Итоги определения данного показателя можно представить графически при помощи модуля GEOTECH-3D, что предоставляет дополнительные данные для более глубокой аналитики. По завершении комплекса итераций выявляется экономически эффективная альтернатива, которая гарантирует безопасное осуществление производственных процессов. Также стоит отметить, что в процессе планирования работ итоги, представленные в GEOTECH-3D как участки микроразрушений, дают возможность определения реакции горных образований на приложенные действия [15, с. 27].

Также следует подчеркнуть, что использование информационной системы MINEFRAME покрывает значительный спектр научных и коммерческих задач, в частности, в области аргументации

применения определенных технологий выполнения открытых и подземных работ. Это включает в себя анализ технико-экономических аспектов методов добычи природных ресурсов. Реализация данных задач способствует расширению возможностей MINEFRAME, которая в настоящее время включает в себя более 200 инструментов для автоматизации многих аспектов геотехнологических процессов.

Заключение

Очевидно, что внедрение достижений «Индустрии 4.0» приведет к повышению производительности, повышению конкурентоспособности предприятий, созданию и выходу принципиально новых продуктов на рынок [16]. Также следует отметить, что процессы цифровизации отечественных компаний совершаются в трудных для нашей страны условиях, при этом роль цифровых продуктов в экономическом пространстве только увеличивается. Но, чтобы выжить в цифровой экономике, предприятиям приходится перестраивать бизнес-модели, трансформируясь под заданные тренды «Индустрии 4.0» [7].

Анализируя изложенную информацию, можно сделать вывод о том, что цифровизация в горнодобывающей индустрии постепенно становится драйвером развития, затрагивает большинство технологических процессов предприятий и диктует необходимость системных изменений в них. Использование цифровых технологий дает возможность сделать более оптимальным потребление ресурсов, повысить качество выполнения работ и уровень их безопасности, обеспечить экономию средств, избавить сотрудников от рутинных процедур и увеличить производительность труда. Это позволяет повысить эффективность бизнеса и получать дополнительную прибыль, несмотря на значительные дополнительные затраты на реализацию данных инициатив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беловинцева Д.Ю. Новейшие технологии в сфере экономики и бизнеса. // Наука молодых – будущее России. Сборник научных статей 7-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (в 5-ти томах). Том 1. Курск, Издательство: Юго-западный государственный университет, 2022. С.72-75.
2. Grinin L., Korotayev A. Great Divergence and Great Convergence. A Global Perspective, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer. 2015.
3. Ansong E., Boateng R. Surviving in the digital era — Business models of digital enterprises in a developing economy.// Digital Policy, Regulation and Governance. 2019. 21(2), 164–178. <https://doi.org/10.1108/DPRG-08-2018-0046>
4. Юдина Т.Н., Купчишина Е.В. Формирование институциональной инфраструктуры «цифровой экономики» в Российской Федерации.// Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2019. Т.12. №4. С.9-19.
5. Metz R. (2012) Augmented Reality Is Finally Getting Real. MIT Technology Review (2 August). Available at: (доступны на) <http://www.technologyreview.com/news/428654/augmented-reality-is-finally-getting-real/>
6. Hernandez K., Faith B., Prieto Martín P., Ramalingam B. The impact of digital technology on economic growth and productivity, and its implications for employment and equality: An evidence review. IDS Evidence Report. Brighton: Institute of Development Studies. 2016.
7. Сахапова Т.С., Исмагилов Т.Ш., Тихонов В.А. Цифровой двойник производства как этап новой цифровой бизнес-модели промышленного предприятия.// Горная промышленность. 2023. №2. С.62-68.
8. Кабалдин Ю.Г., Шатагин Д.А., Аносов М.С., Колчин П.В.. Разработка цифровой модели (двойника) механообрабатывающего предприятия.// Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. № 13. С. 45-54.
9. Стадник Д.А., Габараев О.З., Стадник Н.М., Григорян К.Л.. Повышение качества цифровых «двойников» горнодобывающих предприятий на базе стандартизации атрибутивного наполнения технологических 3D-моделей в ГГИС. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 11-1. С. 202-212.
10. Доррер, М. Г. Реализация цифрового двойника бизнес-процессов на базе системы ELMA.// ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2021. № 1(17). С. 35-43.
11. Паршина И. С., Фролов Е.Б. Разработка цифрового двойника производственной системы на базе современных цифровых технологий. // Экономика промышленности. 2020. Т. 13, № 1. С. 29-34.
12. Шпак, П. С., Сычева Е.Г., Меринская Е.Е. Концепция цифровых двойников как современная тенденция цифровой экономики. // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. 2020. Т. 18, № 1. С. 57-68.
13. Головцова, И. Г., Ким А.А. Цифровой двойник как инструмент повышения эффективности и качества бизнес-процессов. // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 11-1(93). С. 85-94.
14. Казаков, О. Д., Азаренко Н.Ю. Цифровые двойники бизнес-процессов: пространственно-временной слой.// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 4-2. С. 60-67.
15. Пономарев, К. С., Феофанов А.Н., Гришина Т.Г. Стратегия цифрового двойника производства как метод цифровой трансформации предприятия.// Вестник современных технологий. 2019. № 4(16). С. 23-30.
16. Гаврилкович, А. О. Индустрия 4.0: понятие и основные технологии.// Молодой ученый. 2022. № 3 (398). С. 154-158.

Prospects for the use of digital solutions and the capabilities of Industry 4.0 in the production processes of mining enterprises

Balashov Alexey Mikhailovich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation

E-mail: Ltha1@yandex.ru

Annotation. Currently, the spread of digital technologies sets trends for the transformation of production and improving the efficiency of companies' business processes. In industrial production, they are increasingly talking about the transition to «Industry 4.0». This implies the introduction of key components and devices that significantly modernize production processes, make them more transparent, safe and efficient. The author of this article examines the possibilities of digital transformation of mining enterprises, shows that the introduction of digital solutions can increase labor productivity and can to some extent offset the trend of increasing operating costs in the mining industry, and should also contribute to the emergence of innovative approaches to business organization and expansion of the production potential of enterprises.

The purpose of this article is to consider the relevance and necessity of using modern digital technologies at the present time, to show the possibilities of using the achievements of «Industry 4.0» in the production processes of mining enterprises and to analyze the features of digital transformation of production. The use of digital technologies makes it possible to make resource consumption more optimal, improve the quality of work and the level of their safety, ensure cost savings, relieve employees of routine procedures and increase labor productivity. This makes it possible to increase business efficiency and earn additional profit, despite significant additional costs for their implementation of these initiatives. Based on the conducted research, it can be concluded that the digitalization of the mining industry is gradually becoming a driver of development, affects most of the technological processes of enterprises and dictates the need for systemic changes in them.

Keywords: digitalization, transformation of production, «Industry 4.0», production processes, labor productivity, efficiency