

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ · DIGITALIZATION AND MANAGEMENT

Вестник МИРБИС. 2025. № 2 (42)'. С. 6–18.
Vestnik MIRBIS. 2025; 2 (42)': 6–18.

Научная статья
УДК: 005.591.1:334.02
DOI: 10.25634/MIRBIS.2025.2.1

Оптимизация управления предприятий добывающих отраслей промышленности в условиях цифровизации

Сергей Геннадьевич Вагин — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Москва, Россия. vaginsergey6@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4328-8713>

Аннотация. Конкурентоспособность предприятий, функционирующих в отрасли горной промышленности, определяется совокупностью факторов: производительностью, качеством выпускаемой продукции, инновационно-технологическим обеспечением, а также оптимизированной системой управления операционными и производственными процессами, которая отвечает современным вызовам экономики и экспортного взаимодействия на международном рынке. Горная отрасль, как одна из самых старейших, оказывает огромное влияние на развитие промышленности в России, однако сложные производственные процессы и низкая скорость обновления материально-технологической базы на многих добывающих предприятиях вызывают снижение эффективности их деятельности. Тем не менее, всё больше предприятий вовлекается в процесс активной индустриализации посредством цифровизации. Цифровизация — это один из современных инструментов, который помогает провести внедрение цифровых технологий в бизнес-процессы компании на различных уровнях, помогает отслеживать техническое состояние ключевых производственных подразделений, систематически получать мониторинговую информацию в контексте оценки технологического состояния оборудования. Управление современным предприятием горной отрасли с учётом новых подходов к организации производственных процессов в эпоху развития концепции Индустрии 4.0 требует оптимизации для повышения эффективности работы, снижения рисков и обеспечения устойчивого роста компании. С помощью цифровизации это становится возможным. Авторами статьи рассмотрены основные тенденции цифровизации современных производственных комплексов горнодобывающей промышленности в качестве инструмента оптимизации процессов управления, произведена оценка перспектив внедрения цифровых технологий в организационно-управленческие структуры современного горного предприятия.

Ключевые слова: цифровизация, горная отрасль, горная промышленность, оптимизация управления, управление предприятием, горнодобывающее предприятие, цифровизация промышленности.

Для цитирования: Вагин С. Г. Оптимизация управления предприятий добывающих отраслей промышленности в условиях цифровизации. DOI: 10.25634/MIRBIS.2025.2.1 // Вестник МИРБИС. 2025; 2: 6–18.

JEL: L52

Original article

Optimization of management of enterprises in the extractive industries in the context of digitalization

Sergey G. Vagin — HSE University. Moscow, Russia. vaginsergey6@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4328-8713>

Abstract. The competitiveness of enterprises operating in the mining industry is determined by a combination of factors: productivity, quality of products, innovative and technological support, as well as an optimized management system for operational and production processes that meets the modern challenges of the economy and export interaction in the international market. The mining industry, as one of the oldest, has a huge impact on the development of industry in Russia, but complex production processes and a low rate of updating the material and technological base at many mining enterprises cause a decrease in the efficiency of their activities. Nevertheless, more and more enterprises are involved in the process of active industrialization through digitalization. Digitalization is one of the modern tools that helps to implement digital technologies in the company's business processes at various levels, helps to track the technical condition of key production units, and systematically receive monitoring information in the context of assessing the technological condition of equipment. Managing a modern mining enterprise, taking into account new approaches to organizing production processes in the era of the development of the Industry 4.0 concept, requires optimization to improve efficiency, reduce risks and ensure sustainable growth of the company. With the help of digitalization, this becomes possible. The authors of the article consider the main trends in the digitalization of modern production complexes in

the mining industry as a tool for optimizing management processes, and assess the prospects for introducing digital technologies into the organizational and management structures of a modern mining enterprise.

Key words: digitalization, mining industry, mining industry, management optimization, enterprise management, mining enterprise, digitalization of industry.

For citation: Vagin S. G. Optimization of management of enterprises in the extractive industries in the context of digitalization. DOI: 10.25634/MIRBIS.2025.2.1. *Vestnik MIRBIS*. 2025; 2: 6–18 (in Russ.).

JEL: L52

Введение

Цифровизация производства — один из основных трендов индустриализации промышленности в XXI веке. В Российской Федерации становится всё больше отраслей промышленности, которые проводят активную интеграцию цифровых решений в различные подсистемы управления бизнес-процессами, контроля качества производённой продукции, оптимизации логистических цепочек, минимизации издержек производства, обеспечения цифровой и технологической безопасности. Горная промышленность как одно из старейших направлений добывающей отрасли вынуждена подчиняться современным трендам, чтобы оставаться ведущей, конкурентоспособной производственной отраслью. В Российской Федерации горнодобывающая промышленность выступает одним из основных источников формирования государственной прибыли. Это сложилось исторически, так как первичная продукция добывающих предприятий, минеральное сырьё и продукты производства горнорудной производственной отрасли пользуются стабильным спросом в рыночной среде, как внутри экономического пространства нашей страны, так и на международном уровне. Более того, по оценке мирового опыта формирования стратегий функционирования горнодобывающей отрасли, она занимает лидирующие позиции по формированию бюджета многих государств, а также является тем сырьевым флагманом, без которого было бы невозможно развитие более прогрессивных отраслей промышленности сегодня, в том числе самых высокотехнологичных и наукоёмких.

Сегодня для повышения производительности горных предприятий и совершенствования процессов контроля за технологическими процессами под влиянием новых технологических вызовов концепции «Индустрия 4.0» отрасль горной промышленности сталкивается с необходимостью интеграции цифровых решений локально-

го и комплексного характера действия, которые способны качественно оптимизировать действующую систему управления производственным комплексом. Многие отечественные компании видят в этом не только возможность пересмотра стратегического планирования в долгосрочной перспективе управления функционированием предприятия, но и создают цифровую продукцию собственного производства согласно потребностям компании с учётом мировых трендов. Это, в частности, продиктовано необходимостью повышения эффективности производства, сокращения финансовых расходов и издержек, управления логистическими процессами компании, сложность планирования которых возрастает на фоне геополитической напряжённости и негативного санкционного воздействия на экономику РФ со стороны недружественных государств.

Повсеместное активное внедрение инновационных цифровых технологий в социально-экономическую структуру общества и промышленную сферу, оказывающую в РФ наибольшее совокупное влияние на устойчивость национальной экономической системы, выступает стимулом для цифрового развития и стратегического обновления добывающей отрасли промышленности [Цифровая трансформация промышленных... 2021]. Горная отрасль вынуждена подчиниться этой тенденции и поэтому многие горнодобывающие и горно-металлургические предприятия промышленного комплекса нашей страны сталкиваются с необходимостью цифровой трансформации производства и систем управления их внутренними структурами. Процесс осложнён внешним санкционным давлением и переходом на цифровые системы управления отечественного производства уровня MES/ERP, которые выступают комплексным инфраструктурным решением для управления производственно-экономическими процессами на горном предприятии. Так как требования современной промышленности

к производственной эффективности, экологической и трудовой безопасности, минимизации отходов горнорудной отрасли и оптимизации логистических цепочек в условиях параллельной трансформации экономического пространства, многие добывающие предприятия разрабатывают и апробируют собственные цифровые решения по оптимизации управления производственными процессами. Они позволяют ускорять интеграцию и обмен большими массивами данных между системами контроля и мониторинга, аналитическими и интеллектуальными инструментами, оборудованием и запасами сырья согласно заданным условиям производства. Благодаря современным решениям в сфере цифровой трансформации многие российские предприятия имеют положительный опыт по автоматизации ряда процессов на предприятии, увеличению эффективности мониторинга посредством роботизации и внедрения интеллектуальных самообучающихся систем контроля и оценки производительности.

Методологические основы

Исследование проведено с помощью эмпирического анализа теоретических данных, посвящённых цифровизации горного производства, и оценке эффективности практических разработок, внедрённых на современные горные предприятия под воздействием основных векторов новой фазы промышленной революции, известной как «Индустрия 4.0». С помощью метода сопоставления проведено сравнение цифровых решений для систем управления горным производством на разных подуровнях. Проанализированы тенденции цифровой трансформации горнодобывающих и горно-металлургических производств с целью оптимизации управления подсистемами, обеспечивающими работу и взаимодействие основных организационных структур предприятия. Изучен опыт успешной разработки и последующей интеграции цифровых продуктов различного уровня на примере российских горных предприятий (ПАО «Северсталь», корпорация «ПРОМТЕХ»), реализующих программы цифровой трансформации. Произведён сравнительный статистический анализ финансовых показателей ПАО «Северсталь» для наглядной демонстрации экономического эффекта по итогам оптимизации управления производством посредством принятых цифровых решений. Для наглядного пред-

ставления результатов были использованы математические методы сопоставления финансовых показателей предприятия, как способ представления информации в виде иллюстраций и таблиц применён метод визуализации данных

Результаты

Активная цифровизация горного производства в России началась в последние несколько лет с ростом индустриализации. Горнодобывающие и горно-металлургические предприятия выступают старейшими добывающими производствами, составляя ядро промышленности многих регионов с преобладающей добывающей промышленностью. В эпоху концепции «Индустрии 4.0» они понимают, что цифровизация — это реальный инструмент повышения производственной эффективности и конкурентоспособности. Горнодобывающие компании в РФ сегодня стараются нарастить портфели цифровых инициатив, реализовать бюджетный потенциал с целью оптимизации производства и создать собственный профессиональный кадровый резерв в области цифровизации за последнее десятилетие. Процесс цифровизации горных производств обсуждается такими авторами, как О. Е. Каленовым, С. В. Лукичёвым, О. В. Наговицыным [Каленов 2021; Лукичев 2022]. Тенденции внедрения цифровых инструментов на горных предприятиях, относящихся к крупному, среднему и малому бизнесу, затронуты в работе Т. Б. Яконовской и А. И. Жигульской [Яконовская 2021]. Цифровизация горных производств непосредственно связана со степенью обновления их технологической базы, поэтому малые горные предприятия согласно своему бюджету и потребностям реже используют интегрированные цифровые системы контроля и мониторинга производства. Однако системы управления производством и логистическими процессами в контексте экономических отношений более подвержены влиянию цифровизации, что отмечают К. Ю. Анистратов и М. О. Васильева [Анистратов 2023]. Они же выступают основой устойчивого развития горных предприятий под влиянием цифровой трансформации, так как способны эффективнее реагировать на изменения в производственной среде и обеспечивать переход к новым технологическим укладам посредством внедрения интеллектуальных инструментов управления, по мнению таких экономистов, как М. В. Рыльникова, К. И. Струков, Д. Н. Радчен-

ко, Е. Н. Есина [Цифровая трансформация — условие... 2021]. Вопросы оптимизации процессов управления предприятием горнодобывающего профиля и обеспечения безопасности проведения горных работ активно обсуждаются в промышленной сфере [Анистратов 2023]. А. М. Балашов, О. И. Черских, А. Назарян выражают своё мнение по данному вопросу, говоря, что применение цифровых технологий и способов обработки больших массивов информации, поступающей с производственных объектов, существенно упрощает процесс управления предприятием горнодобывающей отрасли [Балашов 2024; Черских 2024]. О важности и перспективах внедрения современных аналитических систем в вопросах повышения эффективности управления и конкурентоспособности предприятия говорит А. М. Балашов [Балашов 2024]. Экономисты Д. В. Лютягин, В. А. Зюков обобщают свою позицию о преимуществах внедрения цифровых инструментов в производственные структуры горного предприятия, которые оказывают прямое воздействие на все бизнес-процессы коммерческой организации [Лютягин 2019]. Основная задача оптимизации работы горного производства сосредоточена на повышении эффективности управления его структурами и системными процессами. Этот во-

прос активно обсуждается в последние годы с ростом тенденций производственной цифровизации в научной среде рядом авторов — О. М. Зиновьевой, Д. С. Кузнецовым, А. М. Меркуловой, Н. А. Смирновой [Зиновьева 2021]. Тем не менее, цифровые технологии помогают не только оптимизировать процесс управления горным производством, но и сократить эпизоды травматизма и риска для персонала по сравнению с производствами, которые таким опытом цифровизации не владеют, что в своих исследованиях демонстрирует В. Е. Войцеховский [Войцеховский 2022]. Резюмируя научный след экономических исследований данных авторов, можно сказать, что в условиях активной индустриализации цифровизация управления горным производством и его отдельных структур выступает современным комплексным средством оптимизации работы компании. Как следствие — повышения её производственной эффективности и конкурентоспособности в рыночной среде. Сегодня по данным Минпромторга РФ производится комплексная цифровая трансформация, затрагивающая не только предприятия, но и регионы в целом, так как экономические достижения промышленности составляют значительную долю в валовом региональном продукте (рисунок 1).



Рис. 1. Цифровая трансформация в регионах и промышленной сфере РФ

Источник: Ведомственный проект «Цифровая промышленность» (2019–2024 гг.): презентация / Минпромторг России. Москва, 2024. 16 с. Текст, изображения: электронные. URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/vedomstvennyij-proekttsifrovaya-promyshlennost.pdf> (дата обращения: 05.03.2025).

Согласно рисунку 1 реализация проектов цифровой трансформации ведётся на предприятиях, в общей совокупности насчитывая 1 990 зарегистрированных самостоятельных проектов. Из их общего числа 43 % выступают комплексными системами управления уровня ERP, MES, PLM, 16,8 % — системами цифрового проектирования производственных процессов, интеллектуальными помощниками. Базовой информатизации посвящены 10,9 % проектов, модернизации оборудования и рабочих мест — 10,4 %. Это говорит о том, что большая часть предприятий предпочитает использовать комплексные решения в вопро-

се цифровой трансформации производства.

По анализу мирового опыта внедрения цифровых решений в предприятия горной промышленности, современные тенденции развития производства и оптимизации управления горным производством напрямую связаны с интеграцией цифровых продуктов в разноуровневые бизнес-процессы на предприятиях в рассматриваемой отрасли производства. Сделать это возможно исключительно на базе внедрения интеллектуализации геотехнологий и цифровой трансформации управления горным производством на его различных уровнях (рисунок 2).



Рис. 2. Иерархия цифровых систем на разных подуровнях управления горным производством

Источник: Цифровая трансформация предприятий горнорудной промышленности / ООО «Промтех». Москва, н/д. 10 с. С. 3. Текст, изображения: электронные. URL: <https://www.fbacs.com/images/%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%9C%D0%A2%D0%95%D0%A5.%20%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B9%20%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8..pdf> (дата обращения: 05.03.2025).

Например, корпорация ПРОМТЕХ успешно использует это утверждение в своей деятельности. Рисунок 2 наглядно демонстрирует иерархию цифровых систем, которые внедрены на разных уровнях управления горным производством, что применимо и к другим предприятиям горной промышленности. Сюда относятся 3 уровня, интегрированные между собой: управление технологическими процессами, оперативное управление производством и управление ресурсами предприятия. Как именно осуществляется интеграция и взаимодействие между компонен-

тами комплексного управления горным производством с помощью разноуровневых цифровых решений, показано на рисунке 3 (авторы — Л. И. Тихомиров, Д. И. Романов). Здесь представлена функциональная взаимосвязь ERP-системы с компонентами MES-инструментов. Взаимосвязь между ERP и MES компонентами управления горным производством осуществляется через обмен данными. ERP-система собирает данные о производстве, ресурсах, финансах и других аспектах деятельности предприятия, а затем передаёт их в MES-систему. MES-система обрабатывает полу-

ценные данные и предоставляет информацию о производстве, учитывая данные, полученные производственных процессах, выполнении заказов и состоянии оборудования. Таким образом, ERP- и MES-системы дополняют друг друга и обеспечивают эффективное управление горным производством, учитывая данные, полученные с помощью аналитики работы оборудования и BI-отчётов (программные решения для сбора, систематизации и наглядного отображения данных из различных источников) [Тихомиров 2022].

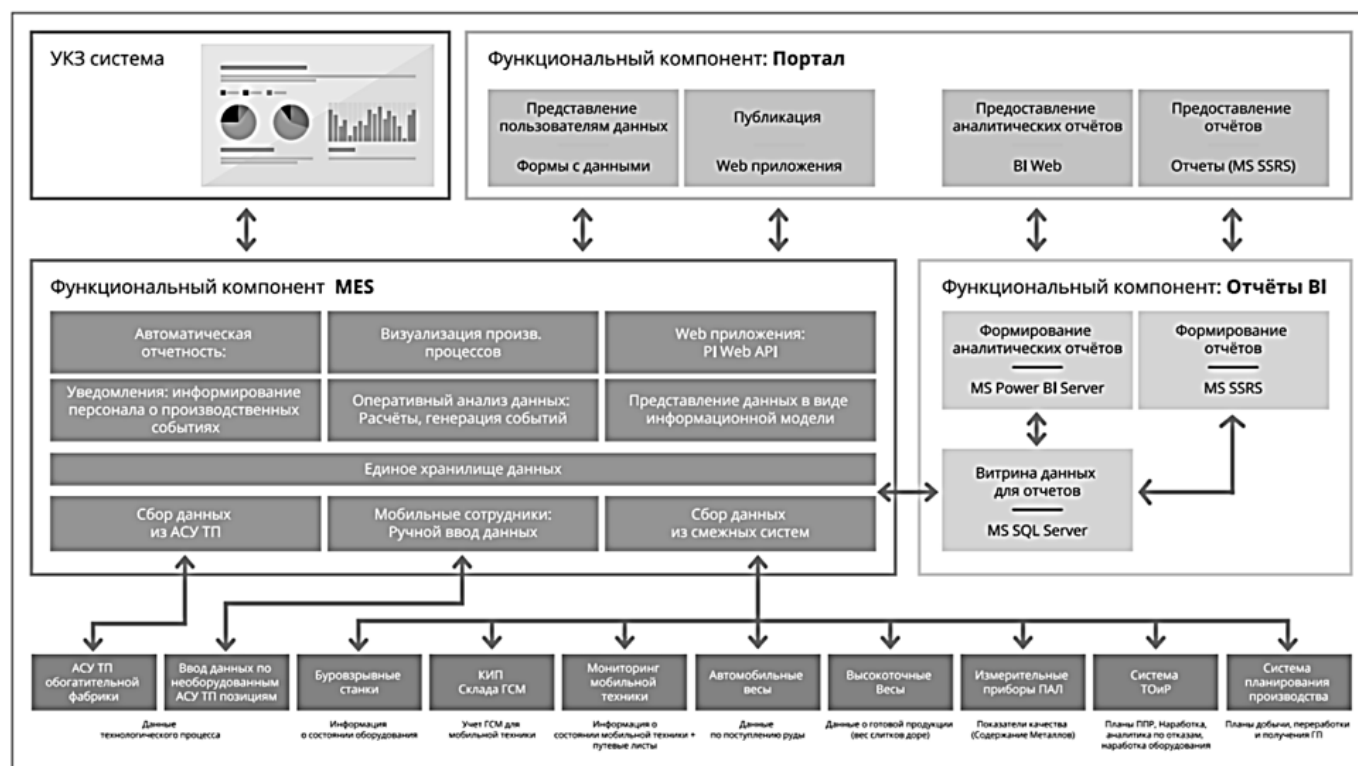


Рис. 3. Структура управления производственными процессами на горном предприятии с помощью цифровых технологий

Источник [Тихомиров 2022]

На рисунке 3 представлена функциональная взаимосвязь ERP-системы с компонентами MES-инструментов. Взаимосвязь между ERP и MES компонентами управления горным производством осуществляется через обмен данными. ERP-система собирает данные о производстве, ресурсах, финансах и других аспектах деятельности предприятия, а затем передаёт их в MES-систему. MES-система обрабатывает полученные данные и предоставляет информацию о производственных процессах, выполнении заказов и состоянии оборудования. Таким образом, ERP- и MES-системы дополняют друг друга и обеспечивают эффективное управление горным производством, учитывая данные, полученные с помощью аналитики работы оборудования и BI-отчётов (программные решения для сбора, систематизации и наглядного отображения данных из различных источников) [там же].

Положительный опыт российских компаний по оптимизации управления горным производ-

ством в условиях цифровизации можно детально рассмотреть на примере вертикально интегрированной сталелитейной и горнодобывающей компании ПАО «Северсталь». В период 2017–2024 гг. компания реализовала глобальный проект по цифровизации системы управления производственно-технологическими процессами и качества продукции, оптимизировала систему производственной и экологической безопасности. Параллельно ПАО «Северсталь» выступает разработчиком собственных цифровых систем интеграционного контроля и глобальных платформ для управления эффективностью/производительностью оборудования с целью минимизации ошибок и издержек. Основные цифровые решения, разработанные специалистами ПАО «Северсталь» и впоследствии внедрённые в производственные процессы, представлены в таблице 1 (для удобства распределены автором исследования на подуровни — блоки управления производством).

Таблица 1. Цифровые решения, разработанные специалистами ПАО «Северсталь» и реализуемые на производстве для оптимизации управления

Блок управления	Цифровой продукт/ проект	Результат внедрения цифрового продукта в блок управления
Управление производством (ERP, BI-системы)	MES «Металлургия» – автоматизированная система управления производственным комплексом	Простая взаимосвязь между планированием производственных процессов и их планированием. Позволяет контролировать запущенные и отложенные операционные процессы, снимать и анализировать мониторинговые показания. Адаптивная комплексная технология.
	АСУ «Технология»	Система управления централизованного типа. Аппелирует базовыми данными, характеризующими коммерческое и внутреннее представление о производимых продуктах. Обеспечивает оперативную работу с клиентами и позволяет технологам компании вести и корректировать имеющиеся технологии для оптимизации производственного процесса. Предусмотрена полная интеграция с функционирующими системами SAP ERP, SAP APO, Qmet, QES.
	Программное обеспечение «Надёжность»	Представляет собой IT-платформу, которая является инструментом цифровизации стратегического управления производственными активами компании. Продукт способен снижать количество запланированных и внеплановых простоев, увеличивает рентабельность доступного технологического оборудования в производственных процессах, сокращает затраты на техобслуживание производственных агрегатов и их ремонт
	Программное обеспечение «Мониторинг и диагностика»	Позволяет производить непрерывный контроль за работоспособностью и состоянием технологического оборудования на производстве в режиме реального времени. Включает в себя обработку полученных данных, хранение, визуализацию технического состояния и автоматически анализирует текущее состояние оборудования.
Блок управления	Цифровой продукт/ проект	Результат внедрения цифрового продукта в блок управления
Computer vision (компьютерное зрение)	Комплекс моделей для контроля состояния конвейеров	Цифровое решение позволяет получать оперативные данные согласно анализу работы техоборудования в режиме реального времени. Своевременно выявляет погрешности работы, тем самым сокращая издержки производства и простои рабочих агрегатов. Преимущества – бесперебойная работа, оповещение о обнаруженной проблеме или сбое спустя 1–30 секунд, что позволяет сократить время аварийного простоя оборудования и время реагирования на обрыв производственного процесса.
Machine learning (машинное зрение, интеллектуальное самообучение)	АНГЦ–4	Цифровой двойник для повышения производительности оборудования для осуществления операции цинкования горячим способом. Позволяет повысить производительность за счёт оптимизации управления скоростью работы оборудования.
	Автотемп 2.0	Цифровое решение для повышения производительности оборудования, металлопрокатного Стана- 2000. Автоматически подбирает параметры прокатки металла с учётом смены сортов, исключает ошибки самостоятельного расчёта темпов выдачи слябов из печи оператором.
	НТА–3	Цифровая модель управления скоростью и выбора её оптимальных значений с параллельно подключённым интеллектуальным агентом. В основе системы – алгоритм глубокого машинного обучения, в рамках которого производится корректировка скорости движения полосы металла. Оборудование становится более оптимизированным в плане недопуска переполнения или пропусков устройств петлевой работы, процесс технологического производства – более стабильным.

Блок управления	Цифровой продукт/проект	Результат внедрения цифрового продукта в блок управления
Machine learning (продолжение)	Цифровой цех	Комплекс интеллектуальных машинных моделей для обеспечения производительности листопрокатного Стана–500. Управление агрегатом в нескольких контролируемых точках, комплексная оценка рабочих системных показателей, фиксируемых в режиме реального времени. Происходит регулировка прокатки металла во времени, что позволяет зафиксировать рост производительности оборудования без перегрузок и ошибок, возникающих под влиянием человеческого фактора.
Экология, безопасность производства, охрана труда	Контроль утечек сырого коксового газа через двери и арматуру верха коксовой батареи № 6	Online-система контроля, основанная на анализе данных с камер видеонаблюдения, установленных в рабочей зоне. При фиксации выброса регистрирует его посредством звукового оповещения. Позволяет сократить выбросы коксового газа в окружающую среду.
	Контроль наличия СИЗ на работниках в опасной зоне производства	Интеллектуальная модель, способная распознавать наличие средств индивидуальной защиты на сотрудниках согласно данным, полученным и обработанным с камер видеонаблюдения. Минимизирует случаи травматизма рабочего персонала, при обнаружении нарушения (отсутствия СИЗ) происходит оповещение ответственных за производственную безопасность лиц.
	Контроль персонала в опасной зоне	Интеллектуальная модель проводит анализ на основе подключения к камерам, работающим в опасной производственной зоне. Определяет сотрудников, находящихся в пределах данного пространства, благодаря чему минимизируется количество травмоопасных случаев на предприятии.
Обучение персонала	VR/3D-тренажёры	Необходимы для обучения сотрудников горного производства, операторов агрегатов и машин на тренажёрах, позволяющих оценить степень ответственности работы на реальном оборудовании в виртуальной среде или благодаря ознакомлению с 3D-моделью.

Источник: составлено автором по данным сайта ПАО «Северсталь», it.severstal.com

Цифровые модели, продукты и аналитические системы, позволяющие оптимизировать управление производственными процессами, могут быть внедрены в различные структурные подразделения предприятия с обеспечением и сохранением прозрачности анализируемой информации, точным сбором и систематизацией полученных данных. В ПАО «Северсталь» некоторые из них, как видно из таблицы 1, непосредственно связаны с технологическим оборудованием и позволяют напрямую в режиме реального времени контролировать скорость производства на основе интеллектуального обучения алгоритма соответственно проанализированным данным. Это позволяет увеличивать не только производительность оборудования, но и Обобщая положительный эффект от комплексной цифровой оптимизации процессов управления, можно говорить о повышении общей конкурентоспособности горнодобывающего предприятия и росте финансовых показателей (таблица 2).

Таблица 2. Некоторые показатели финансовой отчётности ПАО «Северсталь», демонстрирующие эффект от внедрения цифровых решений в структуры управления производством

Показатель, млн руб.	Отчётный период	
	2022 г.	2023 г.
Выручка	682,226	728,314
Валовая прибыль	278,246	318,959
Прибыль от операционной деятельности	174,821	223,700
Прибыль за период	108,361	193,875

Составлено автором по данным раскрываемой консолидированной финансовой отчётности ПАО «Северсталь» и дочерних компаний за 2022–2023 гг.

Как уже говорилось выше, наиболее активная стадия разработки и внедрения цифровых решений в системы управления производством на ПАО «Северсталь» проводилась в период 2017–2024 гг. Для наглядности в таблице 2 сопоставлены актуальные данные завершённых финансовых периодов за 2022 г. и 2023 г., по которым можно оценить положительный экономический эффект от цифровой оптимизации управления производственными процессами. По итогам 2023 года процент выручки компании вырос на 6,8 %, валовая прибыль за аналогичный период — на 14,6 %, прибыль от операционной деятельности — на 27,9 %, а прибыль за период в 2023 г. относительно 2022 г. показала рост на 78,9 %.

Таким образом, цифровизация производства,

а именно — различных систем управления в его структуре, влияет на его финансовые показатели. Она позволяет увеличить эффект масштаба от роста объёма продаж товаров и услуг, улучшает качество продукции и производительность оборудования, минимизирует негативный эффект от воздействия на окружающую среду и обеспечивает оперативное реагирование на потенциально аварийную ситуацию или ошибки в работе оборудования. В конечном итоге оказывает влияние на конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность предприятия, помогает оптимизировать логистические цепочки поставок и сбыта готовой продукции, что приводит к увеличению выручки и прибыли предприятия.

Обсуждения

Оптимизация процессов управления на горнодобывающих предприятиях сегодня намного эффективнее происходит с помощью цифровизации. Благодаря внедрению цифровых продуктов, повышается прозрачность работы структурных подразделений предприятия, сокращается вероятность простоя технологического оборудования. Это сказывается на скорости операционной эффективности и, как следствие, оказывает влияние на скорость осуществления бизнес-процессов различного уровня.

Авторами исследования приведён обзор современных цифровых технологий, которые применяются на российских предприятиях горнодобывающей отрасли промышленности.

Сегодня цифровизация как инструмент оптимизации управления горным производством включает в себя несколько приоритетных направлений воздействия:

- введение ERP-систем, направленных на комплексную цифровизацию предприятия и его структурных подразделений. Такие системы позволяют провести автоматизацию контроля за производственными процессами, параллельно осуществлять удалённый сбор данных производства, критических ошибок, соотносить цифры с полученными данными с оборудования;
- внедрение BI-систем для сбора и анализа данных с построением отчёта в виде визуализированных массивов, на их основе возможно планирование и принятие решений, обзор данных оперативной отчётности о работе структур и производственных

линий/агрегатов горного предприятия. Выступают структурными компонентами ERP-систем, позволяют интегрировать отдельные структуры производства в единую автоматизированную систему;

- формирование единой системы учёта и систематизации запасов сырья для сокращения логистических и технологических издержек, минимизации потерь горной массы, интеллектуальной корректировки объёмов, поступающих в производство;
- интеграция инструментов финансового управления с целью контроля финансовых потоков, прозрачности расходов и оценки процесса закупок;
- создание интеллектуального инструментария для удалённого контроля безопасности производственного процесса и сотрудников в рабочих зонах с целью мониторинга безопасного проведения работ и сокращения негативного воздействия на объекты окружающей среды;
- использования VR-систем для обучения персонала современным мировым стандартам горного производства.

Внедрение на горное производство аналитических систем, позволяющих обрабатывать большие массивы информации с различных источников — наиболее эффективная мера в рамках процесса цифровизации управления производственными процессами на горнодобывающем предприятии. Авторами произведена оценка положительного опыта компаний горной отрасли промышленности В РФ, полученного вследствие разработки и внедрения цифровых технологий с целью оптимизации управления предприятием. Использование цифровых решений различного уровня воздействия и аналитики подсистем в общей иерархии структур производства позволяет повысить производительность, сократить издержки технологических, логистических процессов, оптимизировать расход сырья и финансов, что напрямую влияет на повышение общей эффективности и конкурентоспособности компании.

Заключение (Выводы)

Трансформация процессов управления горнодобывающим предприятием под влиянием цифровизации продиктована современными технологическими вызовами. Как практикоориентированное решение, цифровизация способна

оптимизировать систему управления производственными, логистическими, финансовыми процессами на горном предприятии. Положительные результаты такой интеграции подтверждаются благодаря успешному опыту ряда крупных российских добывающих компаний. Естественно, что такая практика обусловлена трендами Индустрии 4.0, поэтому ожидаемо, что переход на цифровые решения в управлении производством будет наблюдаться (и уже наблюдается) во всех отраслях промышленности, что перспективно скажется на развитии глобального производственного комплекса с высокой степенью межведомственного взаимодействия между заинтересованными в этом предприятиями [Черепанов 2022]. Прозрачная аналитическая оценка, моделирование рисков, оптимизация производственных процессов, выемка сырья, контроль работоспособности оборудования, оперативная обработка больших массивов цифровых данных и защита киберпространства предприятия минимизирует информационную неосведомлённость органов управления о текущем состоянии горного производственного комплекса, поэтому в ближайшие годы цифровая трансформация управленческих процессов в горнодобывающей компании станет востребованным обстоятельством, так как при переходе на цифровые модели управления эффект от интеграции может быть весьма перспективным по сравнению с использованием только традиционных способов контроля и управления производственными процессами. При этом, значение цифровизации для оптимизации управления горным производством обусловлено не только необходимостью технологического обновления, но и выгодой от сопутствующего эффекта экономического и организационного роста предприятия.

На практике многие российские горнодобывающие предприятия не только активно внедряют цифровые решения в структуру управления производственными, коммерческими и логистическими процессами, но и самостоятельно осуществляют разработку цифровых продуктов для оптимизации управления производством. Успеш-

ный опыт можно привести на примере ПАО «Северсталь». Компания активно включилась в процесс цифровой трансформации горной отрасли, реализует и внедряет ряд передовых и инновационных технологий, разработок цифровых систем контроля и мониторинга состояния конвейерных линий, цифровых двойников, решений в сфере экологической безопасности для контроля утечек газовых выбросов и производственной безопасности рабочего персонала. Комплекс цифровых решений, интегрированных в систему управления предприятием, позволяет повысить производительность, сократить издержки в долгосрочном порядке благодаря сбору и систематизации ряда аналитических данных, повысить качественные характеристики продукции, планировать и реорганизовывать логистические цепочки. При стратегическом планировании процесс цифровизации выступает в жизненном цикле крупных производственных компаний основным фактором приобретения прозрачности бизнес-процессов, что позволяет сформировать интерес к развитию компании у потенциальных инвесторов и финансовых партнёров, как внутри страны, так и с привлечением зарубежных активов. Если говорить о комплексной цифровизации горного производства, то оптимизация процессов управления уже это предполагает, так как возникает логичность, согласованность взаимодействия структурно-организационных и производственных элементов на предприятии, появляется возможность прозрачно оценить логические связи между наблюдаемыми явлениями с помощью конкретного цифрового продукта или их совокупности, сокращается воздействие человеческого фактора. Практическая интеграция цифровых решений и технологий в горные предприятия с целью оптимизации и повышения качества управления предприятиями согласно основным векторам воздействия и трендам «Индустрии 4.0» выступает фактором формирования новой интеллектуальной среды в горнодобывающей промышленности Российской Федерации [Лютягин 2021].

Список источников

1. Анистратов 2023 — Анистратов К. Ю. Принципы формирования цифровой системы управления производством горнодобывающего предприятия / К. Ю. Анистратов, М. О. Васильева. EDN: AWYZJC // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 06–07 апреля 2023 года. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2023. 238 с. С. 173–180.

2. Балашов 2024 — *Балашов А. М.* Вопросы внедрения аналитических систем больших данных и других достижений цифровизации для повышения эффективности бизнеса горнодобывающих компаний. DOI: 10.30686/1609-9192-2024-3-139-142. EDN: DRKILZ // Горная промышленность = Mining Industry Journal. 2024;(3):139–142. ISSN: 1609-9192; eISSN: 2587-9138.
3. Войцеховский 2022 — *Войцеховский В. Е.* Внедрение цифровых технологий в управление горным производством и безопасность ведения горных работ. EDN: HFBFRE // Экология и безопасность жизнедеятельности : сборник материалов региональной научно-практической конференции студентов и школьников, Кемерово, 08 ноября 2022 года. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2022. 254 с. С. 11.1–11.5. ISBN: 978-5-00137-349-0.
4. Зиновьева 2021 — *Зиновьева О. М.* Цифровизация систем управления промышленной безопасностью в горном деле / О. М. Зиновьева, Д. С. Кузнецов, А. М. Меркулова, Н. А. Смирнова. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-113-123. EDN: YMEUSL // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021; 2–1:113–123. ISSN: 0236-1493.
5. Каленов 2021 — *Каленов О. Е.* Цифровизация в горнодобывающей промышленности. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-5-184-192. EDN: IONNER // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова = Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics. 2021;18(5):184–192. ISSN: 2413-2829; eISSN: 2587-9251.
6. Лукичев 2022 — *Лукичев С. В.* Цифровая трансформация и технологическая независимость горнодобывающей отрасли / С. В. Лукичев, О. В. Наговицын. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-74-78. EDN: LYRGRH // Горная промышленность = Mining Industry Journal. 2022; 5:74–78. ISSN: 1609-9192; eISSN: 2587-9138.
7. Лютягин 2021 — *Лютягин Д. В.* Цифровизация производственных процессов в рамках концепции «Индустрия 4.0» / Д. В. Лютягин, В. А. Зюков. DOI: 10.34670/AR.2021.36.86.029. EDN: ZTXXVY // Экономика: вчера, сегодня, завтра = Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. 2021; 11(9-1):235–247. ISSN: 2222-9167.
8. Лютягин 2019 — *Лютягин Д. В.* Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли / Д. В. Лютягин, В. П. Яшин, Ю. В. Забайкин, М. А. Якунин. EDN: RGUSDN // Экономика: вчера, сегодня, завтра = Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. 2019; 9(7-1):147–159. ISSN: 2222-9167.
9. Тихомиров 2022 — *Тихомиров Л. И.* Цифровизация горнодобывающего предприятия: главные задачи, первые шаги / Л. И. Тихомиров, Д. С. Романов. DOI: 10.25728/avtprom.2022.04.08. EDN: JNDKNE // Автоматизация в промышленности. 2022; 4:41–43. ISSN: 1819-5962.
10. Цифровая трансформация промышленных... 2021 — Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях инновационной экономики / М. А. Измайлова, М. А. Морозов, Н. С. Морозова [и др.]. Москва : Мир науки, 2021. 296 с. ISBN: 978-5-6045770-6-6. EDN: EIMHGY.
11. Цифровая трансформация — условие... 2021 — Цифровая трансформация — условие и основа устойчивого развития горнотехнических систем / М. В. Рыльникова, К. И. Струков, Д. Н. Радченко, Е. Н. Есина. DOI: 10.30686/1609-91922021-3-74-78. EDN: EAGZTP // Горная промышленность = Mining Industry Journal. 2021; 3:74–78. ISSN: 1609-9192; eISSN: 2587-9138.
12. Черепанов 2022 — *Черепанов В. В.* Управленческие и экономические предпосылки цифровой трансформации в горной промышленности. EDN: MBXZLU // Цифровая трансформация в горной промышленности и машиностроении : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 05 апреля 2022 года. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2022. 68 с. С. 6–9. EDN: ESQHNH.
13. Черских 2024 — *Черских О. И.* Цифровизация как средство эффективного мониторинга процессов и управления горным производством / О. И. Черских, С. А. Назарян. EDN: GGDIFY // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2024; 1:410–417. ISSN: 2218-5194.
14. Яконовская 2021 — *Яконовская Т. Б.* Тенденции цифровизации в горнодобывающем секторе экономики РФ / Т. Б. Яконовская, А. И. Жигульская. DOI: 10.46573/2409-1391-2021-1-92-100. EDN: PFREKQ // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. 2021; 1:92–100. ISSN: 2409-1391.

References

1. Anistratov K. Yu. Printsipy formirovaniya tsifrovoy sistemy upravleniya proizvodstvom gornodobyvayushchego predpriyatiya [Principles of Formation of a Digital Production Management System for a Mining Enterprise]. By K. Yu. Anistratov, M. O. Vasilyeva. EDN: AWYZJC. *Innovatsionnyye geotekhnologii pri razrabotke rudnykh i nerudnykh mestorozhdeniy* [Innovative Geotechnologies in the Development of Ore and Non-Metallic

- Deposits] : Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference, Yekaterinburg, April 6–7, 2023. Yekaterinburg : Ural State Mining University Publ., 2023. 238 p. P. 173–180 (in Russ.).
2. Balashov A. M. Voprosy vnedreniya analiticheskikh sistem bol'shikh dannykh i drugikh dostizheniy tsifrovizatsii dlya povysheniya effektivnosti biznesa gornodobyvayushchikh kompaniy [Implementation of Big Data Analytical Systems and Other Achievements of Digitalization to Improve the Business Efficiency of Mining Companies]. DOI: 10.30686/1609-9192-2024-3-139-142. EDN: DRKILZ. *Mining Industry Journal*. 2024;(3):139–142. ISSN: 1609-9192; eISSN: 2587-9138 (in Russ.).
 3. Voytsekhovskiy V. E. Vnedreniye tsifrovyykh tekhnologiy v upravleniye gornym proizvodstvom i bezopasnost' vedeniya gornyykh rabot [Implementation of digital technologies in mining production management and mining safety]. EDN: HFBFRE. *Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Ecology and life safety] : Proceedings of the regional scientific and practical conference of students and schoolchildren, Kemerovo, November 08, 2022. Kemerovo : T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University Publ., 2022. 254 p. Pp. 11.1–11.5. ISBN: 978-5-00137-349-0 (in Russ.).
 4. Zinovieva O. M. Tsifrovizatsiya sistem upravleniya promyshlennoy bezopasnost'yu v gornom dele [Digitalization of industrial safety management systems in mining]. By O. M. Zinovieva, D. S. Kuznetsov, A. M. Merkulova, N. A. Smirnova. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-113-123. EDN: YMEUSL. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2021; 2–1:113–123. ISSN: 0236-1493 (in Russ.).
 5. Kalenov O. E. Tsifrovizatsiya v gornodobyvayushchey promyshlennosti [Digitalization in the Mining Industr. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-5-184-192. EDN: IONNER. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2021;18(5):184–192. ISSN: 2413-2829; eISSN: 2587-9251 (in Russ.).
 6. Lukichev S. V. Tsifrovaya transformatsiya i tekhnologicheskaya nezavisimost' gornodobyvayushchey otrasli [Digital transformation and technological independence of the mining industry]. By S. V. Lukichev, O. V. Nagovitsyn. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-74-78. EDN: LYRGRH. *Mining Industry Journal*. 2022; 5:74–78. ISSN: 1609-9192; eISSN: 2587-9138 (in Russ.).
 7. Lyutyagin D. V. Tsifrovizatsiya proizvodstvennykh protsessov v ramkakh kontseptsii "Industriya 4.0" [Digitalization of production processes within the framework of the Industry 4.0 concept]. By D. V. Lyutyagin, V. A. Zyukov. DOI: 10.34670/AR.2021.36.86.029. EDN: ZTXXVY. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2021; 11(9-1):235–247. ISSN: 2222-9167 (in Russ.).
 8. Lyutyagin D. V. Osobennosti i tendentsii tsifrovoy transformatsii rossiyskoy gornodobyvayushchey otrasli [Features and trends of digital transformation of the Russian mining industry]. By D. V. Lyutyagin, V. P. Yashin, Yu. V. Zabaikin, M. A. Yakunin. EDN: RGUSDN *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2019; 9(7-1):147–159. ISSN: 2222-9167 (in Russ.).
 9. Rylnikova M. V. Tsifrovaya transformatsiya – usloviye i osnova ustoychivogo razvitiya gornotekhnicheskikh sistem [Digital transformation – a condition and basis for sustainable development of mining engineering systems]. By M. V. Rylnikova, K. I. Strukov, D. N. Radchenko, E. N. Esina. DOI: 10.30686/1609-91922021-3-74-78. EDN: EAGZTP. *Mining Industry Journal*. 2021; 3:74–78. ISSN: 1609-9192; eISSN: 2587-9138 (in Russ.).
 10. Tikhomirov L. I. Tsifrovizatsiya gornodobyvayushchego predpriyatiya: glavnyye zadachi, pervyye shagi [Digitalization of a mining enterprise: main tasks, first steps]. By L. I. Tikhomirov, D. S. Romanov. DOI: 10.25728/avtprom.2022.04.08. EDN: JNDKNE. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*. 2022; 4:41–43. ISSN: 1819-5962.
 11. *Tsifrovaya transformatsiya promyshlennykh predpriyatiy v usloviyakh innovatsionnoy ekonomiki* [Digital transformation of industrial enterprises in the context of an innovative economy]. By M. A. Izmailova, M. A. Morozov, N. S. Morozova [et al.]. Moscow : Mir nauki Publ., 2021. 296 p. ISBN: 978-5-6045770-6-6. EDN: EIMHGY (in Russ.).
 12. Cherepanov V. V. Upravlencheskiye i ekonomicheskiye predposylki tsifrovoy transformatsii v gornoy promyshlennosti [Managerial and economic prerequisites for digital transformation in the mining industry]. EDN: MBXZLU. *Tsifrovaya transformatsiya v gornoy promyshlennosti i mashinostroyenii* [Digital transformation in the mining industry and mechanical engineering] : Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Yekaterinburg, April 5, 2022. Yekaterinburg : Ural State Mining University Publ., 2022. 68 p. pp. 6–9. EDN: ESQHNH (in Russ.).
 13. Cherskikh O. I. Tsifrovizatsiya kak sredstvo effektivnogo monitoringa protsessov i upravleniya gornym proizvodstvom [Digitalization as a Means of Effective Process Monitoring and Management of Mining Production]. By O. I. Cherskikh, S. A. Nazaryan. EDN: GGDIFY. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2024; 1:410–417. ISSN: 2218-5194 (in Russ.).
 14. Yakonovskaya T. B. Tendentsii tsifrovizatsii v gornodobyvayushchem sektore ekonomiki RF [Digitalization Trends in the Mining Sector of the Russian Economy]. By T. B. Yakonovskaya,

A. I. Zhigulskaya. DOI: 10.46573/2409-1391-2021-1-92-100. EDN: PFREKQ. *Vestnik of Tver State Technical University. Series: Social Sciences and Humanities*. 2021; 1:92–100. ISSN: 2409-1391 (in Russ.).

Информация об авторе:

Вагин Сергей Геннадьевич — доктор экономических наук, профессор; заместитель директора «Федерального методического центра по финансовой грамотности системы общего и среднего профессионального образования» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» — федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Покровский бульвар, 11, Москва, 109028, Россия. SPIN-код РИНЦ: 4159-3028, AuthorID: 284288; ResearcherID: ABB-3252-2020.

Information about the author:

Vagin Sergey G. — Doctor of Economics, Professor; Deputy Director of the Federal Methodological Center for Financial Literacy of the General and Secondary Vocational Education System of the National Research University Higher School of Economics. Pokrovsky Boulevard, 11, Moscow, 109028, Russia. SPIN-code: 4159-3028, AuthorID: 284288; ResearcherID: ABB-3252-2020.

Статья поступила в редакцию 17.03.2025; одобрена после рецензирования 02.04.2025; принята к публикации 27.06.2025.
The article was submitted 03/17/2025; approved after reviewing 04/02/2025; accepted for publication 06/27/2025.