

22. Anil Khadse, Sanjay Madhusudan Mahajani & Preeti Aghalayam. Underground coal gasification: A new clean coal utilization technique for India. *Energy*, 2007, (32), pp. 2061-2071.
23. Davaahuu N., Potravny I.M., Miloslavsky V.G. & Utkin I.I. Rationale and mechanism for the implementation of the project of coal gasification in the Russian Arctic. *Ugol'*, 2019, (9), pp.88-93. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-9-88-93.
24. The role of energy and mining Arctic projects in increasing the investment attractiveness of the Northern Sea Route, Moscow, KNORUS Publ., 2021, 354 p. (In Russ.).
25. Temkin I.O., Deryabin S.A., Rzazade U.A. & Myaskov A.V. Digital Twins and Modeling of the Transporting-Technological Processes for On-Line Dispatch Control in Open Pit Mining. *Eurasian Mining*, 2020, (2), pp. 55-58.
26. Panov A.A. & Mekush G.E. Environmental standard for the coal region: methods and mechanisms of implementation. *Ugol'*, 2021, (9), pp. 4-8. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-4-8.

Acknowledgements

The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Financial University.

For citation

Petrov I.V., Utkin I.I. & Jayant V.B. Proposals for decarbonization of the coal industry and sustainable development of isolated regions based on underground coal gasification. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 41-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-41-47.

Paper info

Received July 11, 2022

Reviewed July 25, 2022

Accepted August 25, 2022

Оригинальная статья

УДК 658.155:622.33.013 © А.В. Зозуля, П.В. Зозуля, С.А. Титов, Н.В. Титова, Т.В. Мезина, 2022

Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-47-52>

В статье рассматриваются вопросы использования цифровых технологий для повышения эффективности всех рабочих процессов в угольной промышленности. Современные цифровые технологии позволят использовать трехмерное моделирование, создавать цифровые двойники, применять удаленное автоматизированное диспетчерское и дистанционное управление для оборудования. Технологии цифровизации могут быть использованы для видеонаблюдения и видеоаналитики, проведения геологической разведки, моделирования работы целого угольного месторождения. В статье приводятся выводы о том, что использование цифровых технологий, технологий искусственного интеллекта повышает эффективность добычи на угольных предприятиях, позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, а также повысить уровень безопасности персонала на предприятиях.

Ключевые слова: автоматизация, нейросеть, угольная промышленность, цифровая трансформация, цифровизация, эффективность.

Для цитирования: Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности / А.В. Зозуля, П.В. Зозуля, С.А. Титов и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 47-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.

ВВЕДЕНИЕ

По прогнозам ООН, к 2025 г. численность населения планеты должна составить 8,1 млрд чел., а уже к середине века достигнет 9,6 млрд чел. С ростом народонаселения планеты будет расти и урбанизация насе-

ЗОЗУЛЯ А.В.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры управления проектом
ФГБОУ ВО «Государственный
университет управления»,
109542, г. Москва, Россия,
e-mail: zozula2004@mail.ru

ЗОЗУЛЯ П.В.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры управления проектом
ФГБОУ ВО «Государственный
университет управления»,
109542, г. Москва, Россия,
e-mail: docent2002@mail.ru

ТИТОВ С.А.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент Департамента
менеджмента и инноваций
ФГБОУ ВО «Финансовый университет»
при Правительстве
Российской Федерации,
125167, г. Москва, Россия,
e-mail: satitov@fa.ru

* Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

ТИТОВА Н.В.

Канд. экон. наук,
старший преподаватель
кафедры управления проектом
ФГБОУ ВО «Государственный
университет управления»,
109542, г. Москва, Россия,
e-mail: titova5nv@mail.ru

МЕЗИНА Т.В.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры управления проектом
ФГБОУ ВО «Государственный
университет управления»,
109542, г. Москва, Россия,
e-mail: tv_mezina@guu.ru.

ния. Так, по прогнозам, к середине XXI века в городах будут проживать 6,5 млрд чел. (67,7% от общего количества населения). Рост численности населения гарантирует и рост потребления электроэнергии и, как следствие, рост сжигания ископаемого топлива, в том числе и угля. При этом попытка отказа многих государств от сжигания ископаемого топлива, особенно от угля, не снижает его потребления в общемировой тенденции. Так, в большинстве стран Западной Европы приняты и реализуются решения по избавлению экономики от угольной зависимости и переходу к зеленой энергетике. При этом в странах Восточной Европы и на Балканах уровень угольной генерации достаточно высок и достигает 50%, а в ряде стран – 80%. В перспективе, по мнению экспертов, к 2030 г. доля угля в общем балансе источников энергии снизится на 5%.

По данным Международного энергетического агентства, после спада мировой экономики в 2020 г. и, как следствие, сокращения потребления угля вытеснение угля и других ископаемых видов топлива в 2021 г. обратилось вспять (рис. 1).

Произошло это в связи с увеличением доли вакцинированных, сокращением количества локдаунов и, как следствие, ростом экономики стран. По прогнозу Минэнерго, в 2022 г. в России ожидается добыча угля в объеме 450 млн т. Наибольший рост экономики, а следовательно, и потребление угля, наблюдаются в Китае, который старается не увеличивать долю используемого газа из-за его дороговизны на рынке [1].

Но, по мнению российских специалистов, в среднесрочной перспективе для угледобывающей промышленности России не все так однозначно. Минэкономразвития прогнозирует снижение добычи к 2023 г. до 387 млн т. Тенденция отказа от угля продолжится и в долгосрочной перспективе. Помочь выйти из сложившейся ситуации поможет цифровизация угольной промышленности.

Цифровизация, особенно стратегически важных отраслей экономики, во многих странах является государственным приоритетом. В России создана и реализуется программа «Цифровая экономика Российской Федерации», участникам которой предоставляются особые правовые, организационные и финансовые условия [2]. Угольная промышленность, на наш взгляд, не должна оставаться в стороне от современных процессов цифровизации.

Разумно используя современные информационные технологии, уже в ближайшее время можно решить ряд проблем, которые сейчас стоят перед отраслью:

- сокращение уровня отсталости от других отраслей в области применения современных цифровых технологий;
- повышение эффективности работы угольных предприятий за счет перехода на современные цифровые технологии и постепенный отказ от старых методов работы;
- повышение эффективности работы угольных предприятий за счет сбора, обработки, представления и использования информации;
- внедрение современных цифровых методов управления, объединяющих все этапы работы предприятия в единую цепочку, от добычи угля до доведения до конечного потребителя.

Очевидно, что цифровизация угольной промышленности – это не прихоть руководителя, а необходимость, продиктованная современной ситуацией на угольном рынке.

**МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Прежде чем говорить о цифровизации угольной промышленности, необходимо определиться с ее понятием. Несмотря на

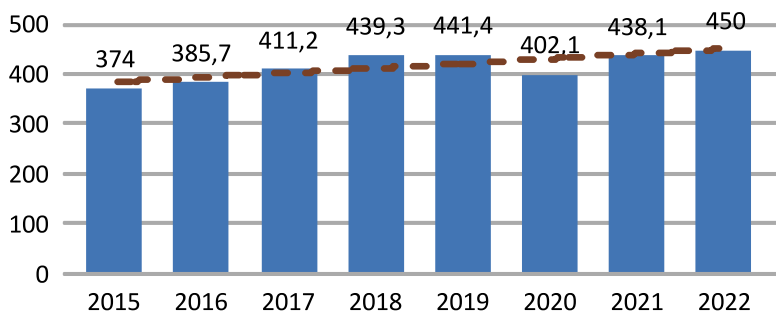


Рис. 1. Динамика добычи угля в России, млн т (по данным Минэнерго)

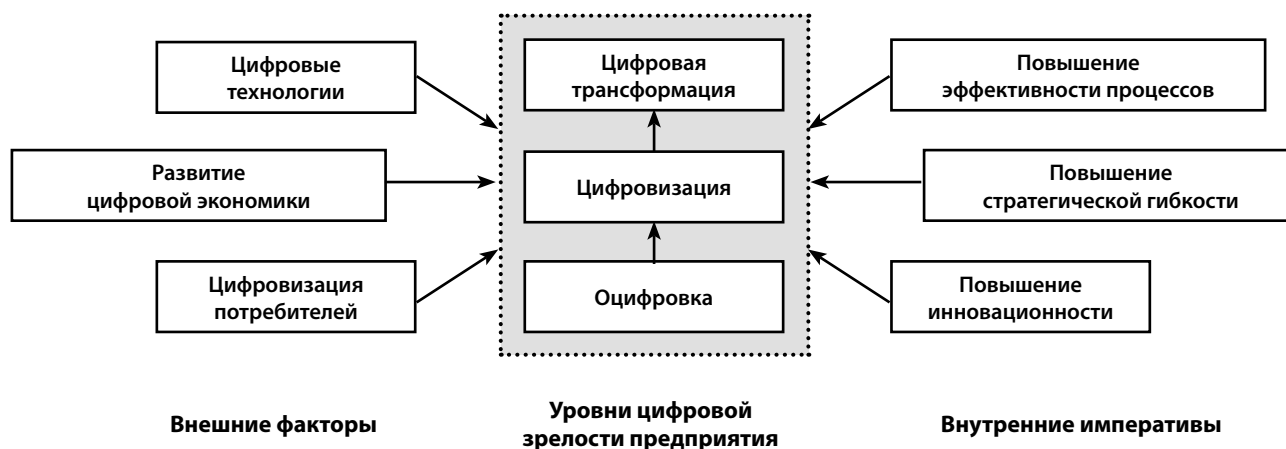


Рис. 2. Модель цифрового развития угольной промышленности

размытость определений, сегодня в мировой практике сложились определенные представления о цифровизации хозяйственной деятельности в целом. Венкатраман выделяет три тесно связанных друг с другом понятия, имеющих отношение к процессам освоения цифровых технологий современными предприятиями – оцифровку (digitization), непосредственно цифровизацию (digitalization) и цифровую трансформацию (digital transformation) [3]. Под оцифровкой понимается перевод аналоговой информации в цифровой формат, перевод информации с физических носителей на цифровые, отражение физических, материальных ресурсов в виде их цифровых моделей. Цифровизацией чаще всего называют комплексное освоение современных информационных технологий в целях оптимизации внутренних процессов, улучшения продуктов и услуг, создания новых ценностных предложений, улучшения внешнего взаимодействия компаний со своими партнерами, клиентами и другими заинтересованными сторонами [4]. Цифровая трансформация представляет собой системные организационные преобразования, реализуемые с целью масштабного освоения цифровых технологий и создания положительных стратегических эффектов от их использования на уровне предприятий, отраслей и государств [5]. Верхоф и др. полагают, что оцифровка, цифровизация и цифровая трансформация могут пониматься как три этапа в общем процессе освоения современных информационных технологий [6]. Такой взгляд допустим и применительно к угольной промышленности. Но целесообразно рассматривать оцифровку, цифровизацию и цифровую трансформацию не как этапы, а как уровни цифровой зрелости [7]. Модели цифровой зрелости предполагают, что предприятия и отрасли могут проходить через уровни зрелости не обязательно поступательно и не обязательно равномерно, в определенных аспектах выходя на более высокие уровни, а в чем-то запаздывая или даже откатываясь назад.

На рис. 2 представлена доработанная модель цифровизации, учитывающая вышесказанные дополнения, а также факторы, стимулирующие повышение цифровой зрелости угольной промышленности.

Цифровизация угольной промышленности осуществляется под влиянием как внешних, так и внутренних факторов. К внешним следует отнести цифровые технологии, стратегические цели Российской Федерации в области цифровой экономики, повышение уровня цифровизации потребителей продукции угольных предприятий. К внутренним факторам можно отнести императивы по повышению эффективности внутренних процессов, улучшению стратегической гибкости и инновационности предприятий угольной промышленности [8].

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Проецируя сформулированные выше представления о цифровом развитии на угольную промышленность, можно сформулировать, что под цифровизацией угольной промышленности необходимо понимать комплексное использование современных информационных технологий, включающих в себя: применение дистанционного управления для оборудования и техники, высокоточную спутниковую навигацию применяемой техники, трехмерное моделирование, создание цифровых двойников, сбор и цифровую обработку исходной информации, планирование распределения ресурсов, обеспечение укрупненного планирования, отслеживание состояния здоровья работников, и все это посредством применения удаленной автоматизированной диспетчерской, функционирующей на основе нейросети, позволяющей в автономном режиме принимать, обрабатывать и выдавать пользователю информацию, поступающую от различных источников. Современное угольное предприятие должно обеспечивать интеграцию автоматизированных промышленных систем и бизнес-процессов посредством единой автоматизированной системы управления. Подобная цифровая система обеспечит функционирование угольного предприятия, выполнение функций управления, планирования, исполнения и контроля деятельности как отдельной организации, так и отрасли в целом. Локомотивами, которые вытянут данный процесс и на

основании которых необходимо осуществлять цифровую трансформацию отрасли, являются: повышение производительности аппаратного обеспечения, развитие робототехники, применение новых цифровых управленческих технологий, технологий искусственного интеллекта, самообучающихся нейросетей, а также совершенствование подходов к организации процесса добычи и переработки угля. Начинать цифровую трансформацию можно с оцифровки отдельных, наиболее важных, элементов и внедрения отдельных автоматизированных технологий, переходя постепенно к созданию полного цифрового двойника организации и отрасли. Так, например, применение современных цифровых технологий открывает новые возможности для геологической разведки, существенно снижает стоимость добычи и длительность производственных процессов угольной промышленности, а также приводит к значительному повышению производительности труда и повышению эффективности использования инвестиций. Применение повсеместно используемых уже сейчас систем видеонаблюдения и видеоаналитики позволяет повысить уровень безопасности на предприятиях, обеспечивает сбор базы видеофрагментов опасных ситуаций для обучения персонала и системы управления. Применение 3D-моделирования позволяет облегчить проведение геологической разведки, смоделировать работу угольного месторождения, в том числе, планировать выработку запасов, определять эффективные пути достижения поставленных целей. Применение спутников позволяет проводить дистанционное зондирование Земли при геологической разведке, а также осуществлять дистанционное позиционирование автоматизированных машин и дронов.

По оценке экспертов, угольная промышленность уже сегодня вкладывает усилия в повышение эффективности своей деятельности. Но она отстает в тех областях, которые традиционно не были в центре ее внимания: методы сокращения выбросов, инвестирование в развитие передовых технологий и цифровизацию. Сегодня использование современных цифровых технологий становится важным отличительным признаком целых отраслей и ведущих мировых компаний. Однако уровень технологической зрелости угольных компаний, в том числе и Российских, все еще относительно невысок и, как уже говорилось выше, отрасль движется относительно медленно по пути цифровизации, что обусловлено целым рядом факторов: неумение пользоваться преимуществами цифровизации процессов; необходимость значительных инвестиций, связанных с низким уровнем автоматизации и устареванием оборудования; ограниченность доступа к инновациям в связи с переходом развитых стран на рельсы зеленой энергетики и вводимыми санкциями; низкое качество и слабая доступность информации, связанные с низким уровнем информатизации отрасли; отсутствие компетенций в области перехода на цифровые системы управления.

Являясь одной из значимых отраслей экономики страны, угольная промышленность сегодня находится на важном этапе своего развития. Правильное и

своевременное использование цифровых технологий может открыть новые пути повышения эффективности управления производством и производительности. Поэтому для того, чтобы не отстать от требований современной экономики, наряду с уже существующими сегодня современными цифровыми технологиями отрасль должна переходить к цифровой трансформации. По мнению авторов, основными направлениями цифровой трансформации угольной промышленности должны являться:

Совершенствование человеко-машинной системы. До сих пор при открытом способе добычи угля людям приходится работать в условиях пыли, шума, вибрации и др. Поэтому цифровизация в данном направлении должна обеспечиваться за счет применения безлюдных технологий за счет максимально полной автоматизации и роботизации горных машин, с возможностью самостоятельного принятия ими решений в определенных ситуациях. В зависимости от доступного уровня технологий автоматизация человеческого управления может быть двух видов: дистанционное (управление машинами и механизмами оператором, находящимся на безопасном расстоянии) и комбинированное (рутинные операции выполняются автоматически, а при необходимости оператор может перевести управление на себя) [9]. В угольной промышленности применение дистанционно и комбинированно управляемого оборудования уже сегодня стало повсеместным. Так, основным направлением совершенствования человеко-машинной системы на начальном этапе должна являться установка считывающих датчиков на основные узлы средств производства и диагностики для оперативного оповещения оператора о показателях эффективности работы оборудования.

Развитие цифрофизического или автономного управления. Достижение цифрофизического управления машинами и механизмами невозможно без развития нейросетей. Достижения в области нейросетей, автоматизации, робототехники и других сферах, дают возможность делать добычу угля более эффективной за счет повышения уровня интеллекта горных машин и удаления из системы слабого звена – человека. В угольной промышленности автономное оборудование укореняется в транспортировке, добыче и других процессах. Для таких процессов характерен большой поток информации, работать с которой затруднительно без разработки самообучающейся системы управления на основе нейросети, которая должна обработать информацию и принять на основе полученных данных оптимальное решение, обеспечивающее максимальную эффективность работы машин и оборудования. Вариант с применением полного автономного управления сегодня может применяться в местах, где нахождение человека нежелательно, например в крайне тяжелом климате или под водой.

Совершенствование процесса сбора данных и обеспечения связей между различными системами. Технологии уже сегодня позволяют применять датчики контроля физических объектов, позволяющие принимать и обрабатывать большой объем информации и обеспечивать

связи между различными типами техники, оборудования и работниками предприятия, а при возникновении нарушений в работе автоматизированная система управления передаст информацию в доступном для пользователя виде. При этом системы управления, работающие на основе нейросетей, могут быть самообучающимися и при накоплении статистических данных и опыта предлагать различные варианты решения тех или иных проблем, возникающих при добыче угля, а также при его переработке, транспортировке, реализации и др. Сбор данных и связь между различными системами должны проходить за счет установки считывающих датчиков, датчиков оповещения и интеграции их в единую сеть, позволяющую контролировать и управлять работами по разведке, добыче, переработке и продвижению угля до конечного потребителя [10, 11].

Совершенствование процесса аналитики и обработки информации. Развитие систем управления на основе нейросетей, позволяющих принимать, структурировать, анализировать и сохранять цифровую информацию, делает возможным обработку огромных массивов данных и представлять вероятностный прогноз наступления тех или иных будущих событий. При этом сегодня в отрасли используют преимущественно фрагментарный подход к управлению и планированию развития, не увязывая все звенья цепи в единое целое. Для исправления ситуации необходимо внедрить единую систему управления на основе: комплексной системы, включающей в себя модель, созданную на основе цифровых двойников, позволяющую вывести планирование, геологическую разведку, добычу угля, транспортировку и доведение его до потребителя на новый уровень за счет их включения в единый цифровой алгоритм; проектного подхода к управлению и планированию деятельности предприятия на основе создания кросс-функциональных команд, обладающих компетенциями в значимых для угольной отрасли областях; сценарного подхода к управлению и планированию, целью которого является повышение эффективности работы организации [12]. Для эффективной работы процесса аналитики и обработки информации необходимо применение интегрированных в единую систему баз данных, обеспечивающих процесс планирования и аналитики на основе работы с большими потоками информации.

Представленные направления цифровой трансформации угольной промышленности дают общее представление о возможностях применения современных технологий. К основным элементам применения цифровых методов управления могут относиться системы: контроля загрузки топлива, контроля усталости водителей, контроля давления в шинах, позиционирования и навигации персонала и техники, диагностики, предотвращения столкновений, диспетчеризации горных работ, прогнозной аналитики для управления предприятием и отраслью, охраны окружающей среды и др.

Применение цифровых технологий в угольной промышленности позволит, по мнению экспертов, снизить затраты на обслуживание машин и механизмов до 40%,

потребление энергии – до 40%, капиталовложения – до 25%; увеличить производительность оборудования на треть и др. Перечисленные примеры эффектов указывают на достаточно высокое снижение затрат по многим показателям работы предприятий угольной промышленности, что может говорить о эффективности предлагаемых цифровых технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение цифровых технологий в угольной промышленности обеспечит повышение уровня безопасности труда работающих и при этом сохранит окружающую среду в районах функционирования угольных предприятий. Достаточный уровень применения передовых технологий продемонстрирует как гражданам, так и будущим инвесторам желание отрасли идти в ногу со временем, ориентироваться в своем развитии на сохранение окружающей среды и безопасность, что позволит постепенно нивелировать бытующее в народе негативное отношение к угольной промышленности, мнение о его низкой эффективности, травмоопасности и других негативных воздействиях. Цифровизация обеспечит повышение эффективности и привлечет молодых, образованных, креативных специалистов, готовых работать на благо отрасли.

Список литературы

1. Лялин А.М., Зозуля А.В., Еремина Т.Н., Зозуля П.В. Современные тенденции развития угольной промышленности с учетом влияния пандемии // Уголь. 2021. № 5. С. 62-65. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
2. Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли / Д.В. Лютягин, В.П. Яшин, Ю.В. Забайкин и др. // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 7А.
3. Venkatraman V. The Digital Matrix: New Rules for Business Transformation Through Technology // Escritos Contables y de Administración. 2017. 8.
4. How smart cities transform operations models: a new research agenda for operations management in the digital economy / F. Li, A. Nucciarelli, S. Roden et al. // Production Planning & Control. 2016. 27.
5. A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change / A. Hanelt, R. Bohnsack, D. Marz et al. // Journal of Management Studies. 2021. 58(5).
6. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda / P.C. Verhoef, T. Broekhuizen, Y. Bart et al. // Journal of Business Research. 2021. 122.
7. Ifenthaler D., Egloffstein M. Development and implementation of a maturity model of digital transformation // TechTrends. 2020. 64.
8. Астафьева О.Е. Закономерности устойчивого развития промышленности в рамках цифровой экосистемы // Уголь. 2022. № 1. С. 8-10. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-8-10.
9. Зиновьев В.В., Кузнецов И.С., Стародубов А.Н. Исследование человеко-машинного управления автосамосвалами в составе

- экскаваторно-автомобильного комплекса с применением имитационного моделирования // Уголь. 2021. № 7. С. 9-12. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-9-12.
10. Плакиткин Ю.А., Платиткина Л.С. Программы «Индустрия-4.0» и «Цифровая экономика Российской Федерации» – возможности и перспективы в угольной промышленности // Горная промышленность. 2018. № 1.

11. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Цифровизация экономики угольной промышленности России – от «Индустрии-4.0» до «Общества 5.0» // Горная промышленность. 2018. № 4.
12. Возможности применения концепции бережливого производства в компаниях угольной промышленности / И.С. Брикошина, А.Г. Геокчакян, М.Н. Гусева и др. // Уголь. 2021. № 4. С. 28-31. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-28-31.

Original Paper

UDC 658.155:622.33.013 © A.V. Zozulya, P.V. Zozulya, S.A. Titov, N.V. Titova, T.V. Mezina, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 47-52
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-47-52>

Title

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION PROCESSES OF THE COAL INDUSTRY

Authors

Zozulya A.V.¹, Zozulya P.V.¹, Titov S.A.², Titova N.V.¹, Mezina T.V.¹

¹ State University of Management, Moscow, 109542, Russian Federation

² Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation

Authors Information

Zozulya A.V., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of Project management Department, e-mail: zozula2004@mail.ru

Zozulya P.V., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of Project management Department, e-mail: docent2002@mail.ru

Titov S.A., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of Management and innovation Department, e-mail: satitov@fa.ru

Titova N.V., PhD (Economic), Senior Lecturer of Project management Department, e-mail: titova5nv@mail.ru

Mezina T.V., PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of Project management Department, e-mail: tv_mezina@guu.ru

Annotation

The article investigates the issues of digital technology implementation for the production processes improvements in the coal mining industry. Modern digital technologies applicable in the coal mining industry include three-dimensional modeling, digital twins, remote automated dispatching and remote equipment control and maintenance, video surveillance and video analytics, geological exploration, and real-time modeling of operations of entire coal deposits. The authors find that the use of digital technologies, such as artificial intelligence and other, can potentially increase the efficiency of coal mining enterprises, reduce the negative impact on the environment, and improve the safety of personnel.

Keywords

Automation, Neural network, Coal industry, Digital transformation, Digitalization, efficiency.

References

1. Lyalin A.M., Zozulya A.V., Eremina T.N. & Zozulya P.V. Current trends in the development of the coal industry, taking into account the impact of the pandemic. *Ugol'*, 2021, (5), pp. 62-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-5-62-65.
2. Lyutyagin D.V., Yashin V.P., Zabaykin Yu.V. & Yakunin M.A. Specific features and trends in digital transformation of the Russian mining industry. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*, 2019, Vol. 9, (7A). (In Russ.).
3. Venkatraman V. The Digital Matrix: New Rules for Business Transformation Through Technology. *Escritos Contables y de Administración*, 2017, (8).
4. Li F., Nucciarelli A., Roden S. & Graham G. How smart cities transform operations models: a new research agenda for operations management in the digital economy. *Production Planning & Control*, 2016, (27).

5. Hanel A., Bohnsack R., Marz D. & Antunes Marante C. A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change. *Journal of Management Studies*, 2021, (58).
6. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Qi Dong J., Fabian N. & Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 2021, 122.
7. Ifenthaler D. & Egloffstein M. Development and implementation of a maturity model of digital transformation. *TechTrends*, 2020, (64).
8. Astafyeva O.E. Patterns of sustainable development of the coal industry within the digital ecosystem. *Ugol'*, 2022, (1), pp. 8-10. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-8-10.
9. Zinoviev V.V., Kuznetsov I.S. & Starodubov A.N. Studies into man-machine control of dump trucks as part of excavator-and-truck complex using simulation modeling. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 9-12. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-9-12.
10. Plakitkin Yu.A. & Plakitkina L.S. 'Industry 4.0' and 'Digital Economy of the Russian Federation' programs: opportunities and prospects for the coal industry. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, (1). (In Russ.).
11. Plakitkin Yu.A. & Plakitkina L.S. Digitalization of Russian Coal Industry Economy: from 'Industry 4.0' to 'Society 5.0'. *Gornaya promyshlennost'*, 2018, (4). (In Russ.).
12. Brikoshina I.S., Geokchakyan A.G., Guseva M.N., Malyshekin N.G. & Sycheva S.M. Opportunities for applying the concept of lean management in coal industry companies. *Ugol'*, 2021, (4), pp. 28-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-28-31.

Acknowledgements

The article was prepared on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Financial University under the Government of the Russian.

For citation

Zozulya A.V., Zozulya P.V., Titov S.A., Titova N.V. & Mezina T.V. The effectiveness of the use of digital technologies in the production processes of the coal industry. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 47-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.

Paper info

Received April 20, 2022

Reviewed July 20, 2022

Accepted August 25, 2022