

# Цифровая трансформация технологических систем угольных шахт

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-1-39-42>

Предложена процедура формализации цифрового подхода к трансформации технологических систем угольных шахт. Рассмотрен состав цифровых технологий концепции создания цифрового угледобывающего предприятия (SAP Connected Manufacturing), информационные технологии технологической готовности цифровизации угледобывающего производства и предложена функциональная структура цифрового угледобывающего предприятия.

**Ключевые слова:** угольная шахта, цифровые технологии, Индустрия 4.0, инновации, цифровая экономика, стратегии развития.

**Для цитирования:** Цифровая трансформация технологических систем угольных шахт / А.С. Оганесян, В.В. Агафонов, В.В. Яхеев и др. // Уголь. 2022. № 1. С. 39–42. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-39-42.

## ВВЕДЕНИЕ

Усиливающийся кризис мировой экономики и процессы глобализации, усиление конкуренции во всех сферах внутреннего и внешнего рынков сбыта конечной продукции напрямую оказывают непосредственное влияние на формирование стратегических направлений развития угледобывающих производств, реализация которых в настоящий период недропользования и развития научно-технического прогресса должна предусматривать использование цифровых технологий и элементов инновационной цифровой экономики. Ключевым концептуальным фактором производства при этом являются большие массивы входных и выходных параметров и характеристик функционирования в цифровой форме, для обработки и анализа которых используются также цифровые технологии, что в конечном итоге позволяет осуществить прорыв в технологиях повышения технико-экономической эффективности угледобывающего производства, горнодобывающего оборудования, выполнения логистических операций, услуг и т.д. Цифровые инновации промышленного производства начали формироваться с 2011 г. в Германии в рамках сформированной концепции «Индустрия 4.0» и в настоящее время приняты на вооружение почти всеми развитыми угледобывающими странами [1]. Выходные данные отчета исследований компании McKinsey «Цифровая Россия: новая реальность» говорят о том, что в результате внедрения и реализации программных элемен-

## ОГАНЕСЯН А.С.

Доктор техн. наук, профессор кафедры «Автоматизированного проектирования и дизайна» Института информационных технологий и компьютерных наук НИТУ «МИСиС», 119049, г. Москва, Россия, e-mail: oganesyan.as@misis.ru

## АГАФОНОВ В.В.

Доктор техн. наук, профессор кафедры «Геотехнологии освоения недр» Горного института НИТУ «МИСиС», 119049, г. Москва, Россия, e-mail: mstmu-prpt@yandex.ru

## ЯХЕЕВ В.В.

Кандидат техн. наук, доцент кафедры горноспасательного дела и взрывобезопасности Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 190000, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: yakvaleri@yandex.ru

## ВАРЫГИН С.О.

аспирант кафедры «Геотехнологии освоения недр» Горного института НИТУ «МИСиС», 119049, г. Москва, Россия, e-mail: mstmu-prpt@yandex.ru

## ПИКАЛОВ В.А.

Доктор техн. наук, профессор, начальник отдела методического обеспечения ООО НТЦ-Геотехнология, 454000, г. Челябинск, Россия, e-mail: info@ustup.ru

тов «Индустрии 4.0» в области цифровизации предприятий промышленного сектора может быть достигнута планка ежегодного прироста объема российского ВВП на сумму от 1,3 до 4,1 трлн руб. [2].

В настоящий период недропользования на цифровом рынке отмечено присутствие определенного количества соответствующих платформ, обобщенных в цифровую экосистему с технологической средой API (Application Programming Interface), функционирующей в рамках государства и различных категорий стейкхолдеров.

Данная технологическая среда базируется на следующих составляющих [3]:

- составляющая искусственного интеллекта;
- составляющая квантовых технологий;
- составляющая математического и когнитивного моделирования;
- составляющая сквозных технологий.

Наиболее востребованными в настоящее время являются сквозные технологии — STP (Straight-Through Processing), которые базируются на обеспечении потока непрерывного процесса обработки информации, который полностью автоматизирован и защищен различными протоколами (технологии блокчейна) [4].



Рис.1. Состав цифровых технологий концепции создания цифрового угледобывающего предприятия (SAP Connected Manufacturing)



Рис. 2. Информационные технологии технологической готовности цифровизации угледобывающего производства

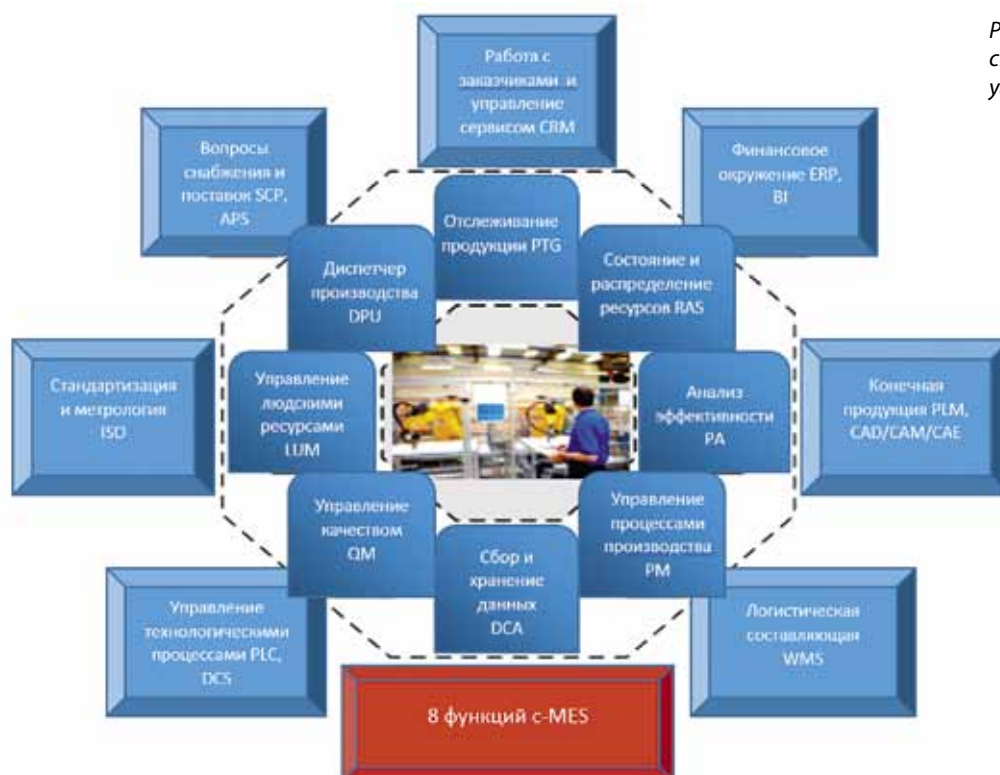


Рис. 3. Функциональная структура цифрового угледобывающего предприятия

### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО ПОДХОДА К ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В целях обеспечения успешной реализации концептуальных основ цифровизации трансформации технологических систем угольных шахт необходимы оценка степени адаптации основных составляющих и компонентов цифрового пространства к функциональной структуре угледобывающего предприятия и разработка дорожной карты их реализации. Перечень и состав первоочередных цифровых технологий, адаптированных к технологическим системам угольных шахт, представлены на рис. 1 [5, 6, 7, 8, 9].

Воплощение в жизнь концепции цифровизации угледобывающего производства требует подготовки угледобывающих компаний по ряду основополагающих ключевых направлений с учетом технологической готовности заявленных направлений процесса цифровизации основных бизнес-блоков [10, 11]. Данная процедура может быть решена с использованием следующих информационных технологий (рис. 2).

Исходя из этого, концепция цифрового предприятия базируется на совокупности взаимодополняющих системных подходов, которые, в конечном итоге, формируют совершенно иную качественную дополненную функциональную структуру угледобывающего предприятия [12] (рис. 3).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активное внедрение и использование цифровых моделей в технологии угледобычи с использованием симуляции различных технологических процессов и рабочих операций, оперативное управление производственно-хозяйственной деятельностью и горнодобывающим оборудованием, аккумулирование знаний, компетенций, опы-

та и результатов позволят обеспечить более высокий уровень прогрессивности и экономичности, производительности труда, снизить эксплуатационные издержки горного производства с полноценным контролем их составляющих, повысить коэффициент извлечения запасов угольных месторождений и уровень прогнозируемости всех происходящих процессов недропользования.

### Список литературы

1. Санникова Т.Д., Богомолова А.В., Жигалова В.Н. Зарубежные модели цифровой трансформации и перспективы их использования в российской практике // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 2. С. 481-494. DOI: 10.18334/eo.9.2.40661.
2. Зайцева Е.В., Агафонов В.В., Снигирев В.В. Оценка становления и развития мировой цифровой платформы в целях трансформации стратегии развития горноперерабатывающих производств // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 7 (специальный выпуск 22). С. 9-17.
3. Цифровая трансформация разномасштабных предприятий, вовлеченных в реальный сектор российской экономики / И.Н. Макаров, О.В. Широкова, В.А. Арутюнян и др. // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 1. С. 313-326. DOI: 10.18334/eo.9.1.39966.
4. Пискунов А.И., Глезман Л.В. Развитие промышленных предприятий в условиях становления цифровой экономики // Креативная экономика. 2019. Т. 13. № 3. С. 471-482. DOI: 10.18334/ce.13.3.40085.
5. Горскина Л.С., Пропп О.В. Развитие цифровой экономики в России // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 2. С. 275-286. DOI: 10.18334/vines.9.2.40778.
6. Agafonov V.V., Zaytseva E.V. The concept of establishing a digital industrial enterprise in the cement industry / Materi-



als of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration» – Reports in English (February 26, 2019. Beijing, PRC).

7. Berman S.J. Digital Transformation: Opportunities to Create New Business Models // *Strategy and Leadership*. 2012. Vol. 40. No 2. P. 16–24.

8. Bryson J.M., Crosby B.C., Bloomberg L. Public value governance: Moving beyond traditional public administration and the new public management // *Public Administration Review*. 2014. Vol. 74. No 4. P. 445–456.

9. Smartphone app to target underperforming public service workers // *Canberra Times*. 2016. 24 August 2016 Available at: <https://www.canberratimes.com.au/public-service/>

dud-public-servants-theres-an-app-for-that-20160824-gqzxn.html (accessed: 15.12.2021).

10. Artificial Intelligence in Government. Using cognitive technologies to redesign public sector work – A Global Perspective. Deloitte Centre for Government Insights. Deloitte, 2017.

11. Bannister F., Connolly R. ICT, Public Values and Transformative Government: A Framework and Programme for Research // *Government Information Quarterly*. 2014. Vol. 31. No 1. P. 119–128.

12. Смирнов Е.Н. Эволюция инновационного развития и предпосылки цифровизации и цифровых трансформаций мировой экономики // *Вопросы инновационной экономики*. 2018. Т. 8. № 4. С. 553–564. DOI: 10.18334/vinec.8.4.39696.

#### Original Paper

UDC 622.013.3 © A.S. Oganessian, V.V. Agafonov, V.V. Yakheev, S.O. Varygin, V.A. Pikalov, 2022  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 1, pp. 39-42  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-1-39-42>

#### Title

**DIGITAL TRANSFORMATION OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF COAL MINES**

#### Authors

Oganessian A.S.<sup>1</sup>, Agafonov V.V.<sup>1</sup>, Yakheev V.V.<sup>2</sup>, Varygin S.O.<sup>1</sup>, Pikalov V.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National University of Science and Technology "MISIS" (NITU "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

<sup>2</sup> Safety Saint Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations, Saint Petersburg, 190000, Russian Federation

<sup>3</sup> STC -Geotechnology LLC, Chelyabinsk, 454000, Russian Federation

#### Authors, Information

**Oganessian A.S.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Computer-aided design and design department of Institute of information technology and computer science, e-mail: [oganesyan.as@misys.ru](mailto:oganesyan.as@misys.ru)

**Agafonov V.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of "Geotechnologies of Subsurface Development" Mining Institute, e-mail: [msmu-prpm@yandex.ru](mailto:msmu-prpm@yandex.ru)

**Yakheev V.V.**, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Mine Rescue and Explosion Safety Saint Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation, e-mail: [yakvaleri@yandex.ru](mailto:yakvaleri@yandex.ru)

**Varygin S.O.**, Postgraduate student of the Department of "Geotechnologies of Subsoil Development" Mining Institute, e-mail: [msmu-prpm@yandex.ru](mailto:msmu-prpm@yandex.ru)

**Pikalov V.A.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Methodological Support Department, e-mail: [info@ustup.ru](mailto:info@ustup.ru)

#### Annotation

A procedure for formalizing a digital approach to the transformation of technological systems of coal mines is proposed. The composition of digital technologies of the concept of creating a digital coal mining enterprise (SAP Connected Manufacturing), information technologies of technological readiness for digitalization of coal mining production are considered and the functional structure of a digital coal mining enterprise is proposed.

#### Keywords

Coal mine, Digital technologies, Industry 4.0, Innovation, Digital economy, Development strategies.

#### References

1. Sannikova T.D., Bogomolova A.V. & Zhigalova V.N. Foreign models of digital transformation and prospects for their use in Russian practice. *Economic relations*, 2019, Vol. 9, (2), pp. 481–494. (In Russ.). DOI: 10.18334/eo.9.2.40661.
2. Zaitseva E.V., Agafonov V.V. & Snigirev V.V. Assessment of the formation and development of the global digital platform in order to transform the development strategy of mining processing industries. *Gornyj informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2019, (7), (special issue 22), pp. 9–17. (In Russ.).
3. Makarov I.N., Shirokova O.V., Harutyunyan V.A. et al. Digital transformation of multi-scale enterprises involved in the real sector of the Russian economy. *Economic relations*, 2019, Vol. 9, (1), pp. 313–326. (In Russ.). DOI: 10.18334/eo.9.1.39966.

4. Piskunov A.I. & Glezman L.V. The development of industrial enterprises in the conditions of the formation of the digital economy. *Creative Economy*, 2019, Vol. 13, (3), pp. 471–482. (In Russ.). DOI: 10.18334/ce.13.3.40085.

5. Gorskina L.S. & Propp O.V. Development of the digital economy in Russia. *Issues of innovative economy*, 2019, Vol. 9, (2), pp. 275–286. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.9.2.40778.

6. Agafonov V.V. & Zaytseva E.V. The concept of establishing a digital industrial enterprise in the cement industry / Materials of the International Conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration" – Reports in English (February 26, 2019. Beijing, PRC).

7. Berman S.J. Digital Transformation: Opportunities to Create New Business Models. *Strategy and Leadership*, 2012, Vol. 40, (2), pp. 16–24.

8. Bryson J.M., Crosby B.C. & Bloomberg L. Public value governance: Moving beyond traditional public administration and the new public management. *Public Administration Review*, 2014, Vol. 74, (4), pp. 445–456.

9. Canberra Times (2016). Smartphone app to target underperforming public service workers. 24 August 2016 Available at: <https://www.canberratimes.com.au/public-service/dud-public-servants-theres-an-app-for-that-20160824-gqzxn.html> (accessed: 22 May, 2018).

10. Artificial Intelligence in Government. Using cognitive technologies to redesign public sector work – A Global Perspective. Deloitte Centre for Government Insights. Deloitte, 2017.

11. Bannister F. & Connolly R. ICT, Public Values and Transformative Government: A Framework and Programme for Research. *Government Information Quarterly*, 2014, Vol. 31, (1), pp. 119–128.

12. Smirnov E.N. Evolution of innovative development and prerequisites for digitalization and digital transformations of the world economy. *Issues of innovative economy*, 2018, Vol. 8, (4), pp. 553–564. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.8.4.39696.

#### For citation

Oganessian A.S., Agafonov V.V., Yakheev V.V., Varygin S.O. & Pikalov V.A. Digital transformation of technological systems of coal mines. *Ugol'*, 2022, (1), pp. 39–42. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-39-42.

#### Paper info

Received October 14, 2021

Reviewed November 12, 2021

Accepted December 15, 2021