

*АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
И ИДЕНТИФИКАЦИЯ*

УДК 681.513

DOI: 10.17212/2307-6879-2021-1-7-20

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ INDUSTRY 4.0  
ПРИ СОЗДАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ\***

В.В. ГРАЧЕВ<sup>1</sup>, Л.П. МЫШЛЯЕВ<sup>2</sup>, М.К. ВЕНГЕР<sup>3</sup>, М.В. ПУРГИНА<sup>4</sup>,  
Д.Е. КОРОВИН<sup>5</sup>, Г.А. КУЛЮШИН<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 654007, РФ, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и информационных систем. E-mail: vitaly.grachev@nicsu.ru

<sup>2</sup> 654007, РФ, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», доктор технических наук, директор. E-mail: mail@nicsu.ru

<sup>3</sup> 650992, РФ, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 39, Кемеровский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, аспирант кафедры финансов и банковского дела. E-mail: Venger\_tk@mail.ru

<sup>4</sup> 630099, РФ, г. Новосибирск, ул. Каменская, 56, Новосибирский государственный университет экономики и управления, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий. E-mail: pur-11@yandex.ru

<sup>5</sup> 654007, РФ, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет, аспирант кафедры автоматизации и информационных систем. E-mail: denis\_corovin@mail.ru

<sup>6</sup> 654007, РФ, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет, магистрант кафедры автоматизации и информационных систем. E-mail: georgiy15091997@gmail.com

В статье рассматриваются вопросы создания автоматизированных промышленных комплексов с использованием технологий Industry 4.0. Описаны основные этапы развития понятия «Industry», технологии современного этапа Industry 4.0 – технологии построения и использования «цифровых двойников», BIM-технологии 3D-моделирования зданий и сооружений. Представлены области применения данных технологий, а также их достоинства и недостатки. Приведен пример проектирования элементов АСУ ТП обогатительной фабрики «Шахта №12» (г. Киселевск Кемеровской обл.) с использованием технологий Industry 4.0.

**Ключевые слова:** автоматизированный промышленный комплекс (АПК), промышленная революция, Industry 4.0, цифровой двойник, BIM-технологии, системы автоматизированного проектирования (САПР), моделирование, автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), EPLAN

---

\* Статья получена 12 декабря 2020 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Создание современных автоматизированных промышленных комплексов (АПК) представляет собой сложную задачу как в техническом, так и в организационном плане. В условиях ограниченных ресурсов эффективно решать задачи создания АПК невозможно без использования современных технологий (в частности, технологий Industry 4.0).

### 1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПОНЯТИЯ «INDUSTRY»

Кратко рассмотрим процесс развития и становления понятия «Industry» – «промышленная революция» (рис. 1) [1], а также основные технологии современного этапа Industry 4.0, используемые при создании автоматизированных комплексов.

Первая промышленная революция (Industry 1.0) началась во второй половине XVIII века после появления паровых машин, которые позволили перейти от ручного труда к машинному почти во всех областях производства, и вызвала колоссальный подъем производительности труда.

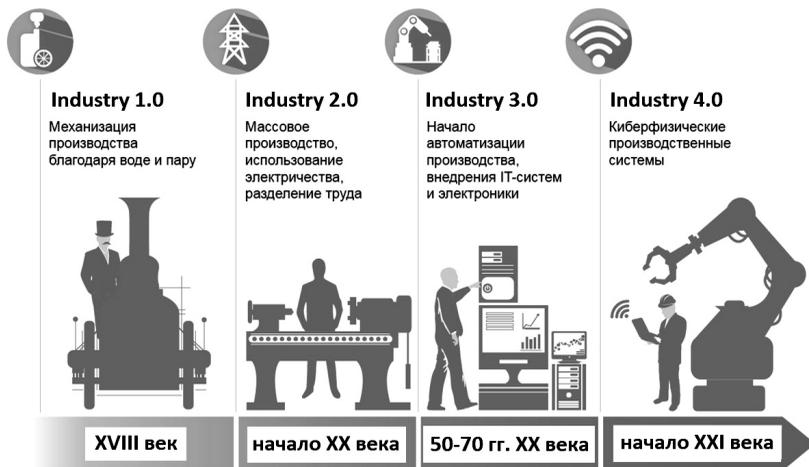


Рис. 1. Процесс развития понятия «Industry» – промышленная революция

Вторая промышленная революция (Industry 2.0) произошла с освоением электричества и характеризовалась развитием массового конвейерного производства. Ее главным «двигателем» стало развитие науки и внедрение ее результатов в производство.

Третья промышленная революция (Industry 3.0), ее еще называют цифровой революцией, началась во второй половине XX века с создания цифровых компьютеров и последующей эволюции информационных технологий.

Промышленная революция в настоящий период времени переходит в четвертую стадию (Industry 4.0), особенности которой заключаются в массовом внедрении «киберфизических систем» в производство [2]. Четвертая промышленная революция начала свое развитие от инициативы 2011 года, возглавляемой учеными, проектировщиками, производителями и политиками, которые определили Industry 4.0 как средство повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности через усиленную интеграцию «киберфизических систем» в заводские процессы.

Основные технологии, развиваемые в рамках четвертой промышленной революции (Industry 4.0), показаны на рис. 2.



Рис. 2. Основные технологии Industry 4.0

При создании автоматизированных промышленных комплексов наиболее важными и перспективными технологиями Industry 4.0 являются технологии 3D-моделирования зданий и сооружений (BIM-технологии), а также технологии построения и использования «цифровых двойников».

## 2. ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ»

«Цифровой двойник» (Digital Twin) в рамках Industry 4.0 определяется как виртуальное представление физического объекта, системы, комплекса на протяжении их жизненного цикла с использованием в реальном времени данных,

получаемых с интеллектуальных датчиков [3]. В рамках технологии «цифровых двойников» для физического объекта, единицы оборудования или целого промышленного комплекса создается цифровая модель, которая используется для анализа и прогнозирования поведения такого объекта или комплекса в целом.

Цифровая модель постоянно обновляется, чтобы максимально полно соответствовать текущему рабочему режиму реального комплекса. Это дает возможность выявить непредусмотренные изменения в процессах, оптимизировать режимы работы оборудования, предотвращать поломки и аварии, что в итоге позволяет существенно повысить надежность и эффективность эксплуатации АПК.

Однако на данный момент научно-практические основы создания цифровых двойников АПК разработаны слабо [4].

Для некоторых отраслей производств разработаны и отлажены цифровые двойники типовых объектов (например, нефтегазовая отрасль, машиностроение) [5–7]. Однако полностью перенести уже готовую отлаженную систему на новый объект невозможно, поскольку даже несущественные на первый взгляд отличия могут стать причиной значительных отклонений и ошибок. Даже для аналогичных, казалось бы, производств каждый раз требуется существенная доработка.

Основная сложность при создании АПК с использованием технологий цифровых двойников заключается в выборе и дальнейшем развитии таких методов создания и исследования цифровых двойников, которые позволяют, во-первых, обоснованно перенести (пересчитать) результаты модельных решений на натурную систему управления и, во-вторых, наиболее полно учесть особенности и условия ее функционирования. По нашему мнению, это возможно при использовании методов натурно-математического моделирования [8, 9].

### **3. BIM-ТЕХНОЛОГИИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Следующая технология в рамках Industry 4.0, широко применяемая при создании АПК, связана с использованием BIM-пакетов 3D-моделирования зданий и сооружений. BIM (Building Information Model/Modeling) определяется как информационная модель / моделирование зданий и сооружений, под которыми в широком смысле понимают любые объекты инфраструктуры [10].

Первые BIM-технологии начали появляться в конце XX – начале XXI века. Как отдельное направление систем автоматизированного проектирования

(САПР), связанное с 3D-моделированием зданий и сооружений в виде цифровых трехмерных моделей (цифровых двойников зданий и сооружений), BIM сформировалось во втором десятилетии XXI века (рис. 3).

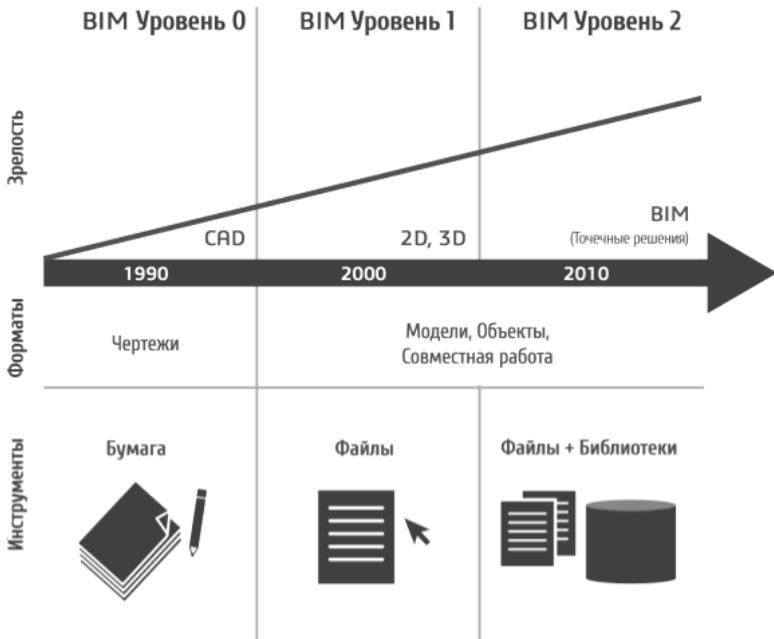


Рис. 3. Эволюция BIM-технологий при создании автоматизированных промышленных комплексов

Процесс проектирования основан на создании и использовании 3D-моделей абсолютно всех элементов зданий и сооружений, а также их инженерных коммуникаций (рис. 4). Таким образом, BIM-технологии предоставляют единую информационную платформу для всех участников создания автоматизированного промышленного комплекса: проектировщиков, архитекторов, инженеров, строителей и т. д. BIM-технологии позволяют объединить труд множества людей разных направлений в единую оболочку, позволяя упростить и автоматизировать процессы проектирования и разработки.

Сразу следует отметить, что BIM-технологии не являются универсальными и всеобъемлющими технологиями проектирования автоматизированных промышленных комплексов в целом. Области эффективного применения BIM-технологий ограничены и связаны прежде всего с задачами

построения 3D-моделей зданий и сооружений, их инженерных коммуникаций, то есть с задачами пространственного характера – компоновкой строительных конструкций, технологического оборудования, инженерных сетей (водных, газовых, электрических, канализационных, коммуникационных) и т. п. Задачи разработки программного, алгоритмического математического обеспечения АСУ ТП BIM-технологии не решают – для решения этих задач требуется использование иных инструментов и технологий проектирования [11, 12].



Рис. 4. 3D-модель здания, построенная с помощью BIM

Главным достоинством использования BIM-технологий является высокая скорость проектирования 3D-моделей, их наглядность, возможность быстрого внесения изменений на любом этапе проектирования, легкость в организации совместной работы множества исполнителей одного проекта.

Однако при использовании BIM-технологий имеются и недостатки. Прежде всего это необходимость в переходном процессе к использованию BIM-технологий: требуется перестройка всех участников создания автоматизированного промышленного комплекса с традиционного локального проектирования на 3D-моделирование. Возрастает ответственность специалистов,

а также повышаются требования к их знаниям и квалификации как в технической, так и в информационной части [13, 14].

Также одной из возможных проблем использования BIM-технологий при проектировании автоматизированных промышленных комплексов может быть формируемый BIM-средствами набор проектной документации и форма представления документов. Подавляющее большинство программ построения BIM-моделей являются продуктами зарубежного производства и, как правило, не адаптированы и не локализованы в полной мере под нормы проектирования и строительства Российской Федерации. В большинстве случаев (80 %) дополнительно требуются трудоемкие операции по локализации проектной документации под нормы и стандарты конкретного государства.

Несмотря на все указанные недостатки, сфера применения BIM-технологий при построении 3D-моделей довольно широко, их использование экономически целесообразно и эффективно. Использование цифровых двойников зданий и сооружений в виде 3D-моделей, построенных с использованием BIM, значительно упрощает процессы их проектирования, строительства и эксплуатации.

На текущий момент на российском рынке программного обеспечения (ПО) представлено большое количество BIM-пакетов. Наибольшее распространение получили BIM-пакеты, представленные в таблице.

При проектировании шкафов АСУ ТП углеобогатительной фабрики «Шахта № 12» (г. Киселевск Кемеровской обл.) был апробирован BIM-пакет EPLAN Electric от компании EPLAN Software & Service GmbH & Co (Германия) для автоматического формирования проектной документации на основе 3D-моделей компонентов, применяемых в данных шкафах. BIM-проектирование позволило существенно (в пять раз) сократить время на разработку проекта шкафов управления АСУ ТП (рис. 5).

#### **BIM-пакеты, представленные на российском рынке программного обеспечения**

Характеристика	BIM-пакет			
	Allplan	Revit	Renga	EPLAN
1. Компания-разработчик	Nemetschek Allplan Systems GmbH (Германия)	Autodesk, Inc. (США)	Renga Software (Российская Федерация)	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG (Германия)

## Окончание таблицы

Характеристика	BIM-пакет			
	Allplan	Revit	Renga	EPLAN
2. Функциональные возможности	Средняя	Высокая	Низкая	Высокая
3. Области применения	Архитектура, конструктивные элементы	Архитектура, конструктивные элементы, инженерия	Архитектура	Автоматизация, конструктивные элементы, инженерия
4. Поддержка российского рынка	Русифицированное ПО, отсутствие нормативов строительства и документирования для российского рынка	Частичная русификация, отсутствие нормативов строительства и документирования для российского рынка	Полная поддержка российских требований и стандартов проектирования	Поддержка российских нормативно-технических стандартов ГОСТ
5. Совместимость использования с другими программными продуктами	Интеграция с открытыми системами проектирования российских разработчиков ПО	Интеграция с приложениями от Autodesk	Применение созданных моделей в решениях 1С	Совместимость форматов документов с другими САПР (например, AutoCAD)

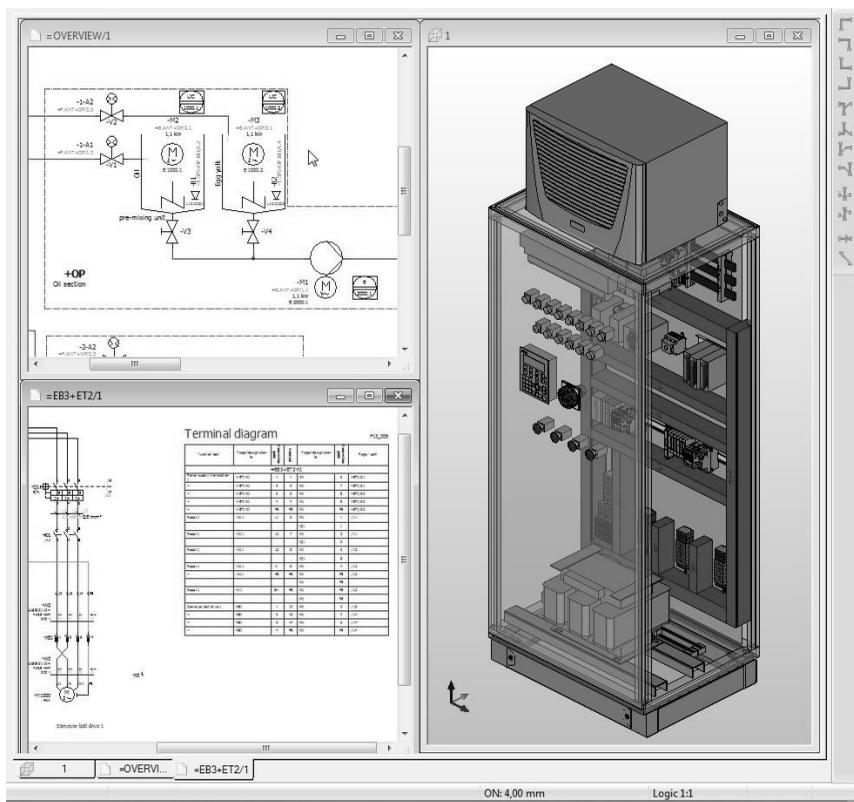


Рис. 5. Шкаф управления АСУ ТП ОФ «Шахта № 12», спроектированный с помощью BIM-пакета EPLAN Electric

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологии четвертой промышленной революции Industry 4.0 являются во многом перспективными технологиями при создании автоматизированных промышленных комплексов.

Рассмотренные в рамках настоящей статьи технологии Industry 4.0 (технологии построения и использования цифровых двойников, BIM-технологии) не являются универсальными инструментами создания автоматизированных промышленных комплексов. Они лишь в некоторой части позволяют решать задачи проектирования АПК, но не решают проблемы алгоритмизации управ-

ления сложными технологическими процессами, задачи разработки информационного, математического и программного обеспечения АПК.

Однако при развитии данных технологий в русле натурно-модельного подхода они смогут выступить основой при создании современных автоматизированных промышленных комплексов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Промышленная революция // Википедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленная\\_революция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленная_революция) (дата обращения: 16.03.2021).
2. Четвертая промышленная революция // Википедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Четвёртая\\_промышленная\\_революция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Четвёртая_промышленная_революция) (дата обращения: 16.03.2021).
3. Digital Twin: перспективы использования цифровых двойников. – URL: <https://nfp2b.ru/2019/01/09/digital-twin-perspektivy-ispolzovaniya-tsifrovyyh-dvoynikov/> (дата обращения: 16.03.2021).
4. Мышляев Л.П., Венгер К.Г., Грачев В.В. Цифровизация и управление // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве, AS'2019: труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Сибирский государственный индустриальный ун-т; под общ. ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2019. – С. 29–31.
5. Применение цифрового двойника в нефтегазовой отрасли / В.Н. Быкова, Е. Ким, М.Р. Гаджиалиев, В.О. Мусиенко, А.О. Оруджев, Е.А. Туровская // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2020. – Вып. 1 (28). – С. 8. – DOI: 10.29222/ипнг.2078-5712.2020-28.art8.
6. Еремин Н.А., Еремин Ал.Н. Цифровой двойник в нефтегазовом производстве // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 12. – С. 14–17.
7. Кокорев Д.С., Посмаков Н.П. Применение «цифровых двойников» в производственных процессах // Colloquium-journal. – 2019. – № 26-2 (50). – С. 71–78.
8. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода. В 3 т. Т. 2. Системы автоматизации производственного назначения / под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.
9. Натурно-математическое моделирование в системах управления: учебное пособие / В.П. Авдеев, С.Р. Зельцер, В.Я. Карташов, С.Ф. Киселев. – Кемерово: КемГУ, 1987. – 84 с.
10. BIM // Википедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM> (дата обращения: 16.03.2021).

11. *Сазыкин Г.П., Синеокий Б.А., Мышляев Л.П.* Проектирование и строительство углеобогачительных фабрик нового поколения. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – 126 с.

12. *Грачев В.В., Шипунов М.В.* Программное обеспечение систем автоматизации управления промышленными комплексами // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника в металлургической и горно-топливной отраслях: труды Шестой всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2014. – С. 226–232.

13. BIM – от проекта до готового здания. Информационное моделирование в строительной отрасли // Информационный портал Rengabim.com. – URL: <https://rengabim.com/press-room/renga-v-smi/bim-ot-proekta-do-gotovogo-zdaniya-informacionnoe-modelirovanie-v-stroitelnoj-otrasli/> (дата обращения: 16.03.2021).

14. *Таланов В.В.* Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК-Пресс, 2011. – 392 с.

**Грачев Виталий Викторович**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и информационных систем Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ). E-mail: [vitaly.grachev@nicsu.ru](mailto:vitaly.grachev@nicsu.ru)

**Мышляев Леонид Павлович**, доктор технических наук, профессор, директор ООО «Научно-исследовательский центр систем управления». E-mail: [mail@nicsu.ru](mailto:mail@nicsu.ru)

**Венгер Михаил Константинович**, аспирант кафедры финансов и банковского дела Кемеровского института (филиала) Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. E-mail: [Venger\\_mk@mail.ru](mailto:Venger_mk@mail.ru)

**Пургина Марина Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Новосибирского государственного университета экономики и управления. E-mail: [pur-11@yandex.ru](mailto:pur-11@yandex.ru)

**Коровин Денис Евгеньевич**, аспирант кафедры автоматизации и информационных систем Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ). E-mail: [denis\\_corovin@mail.ru](mailto:denis_corovin@mail.ru)

**Кулюшин Георгий Александрович**, магистрант кафедры автоматизации и информационных систем Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ). E-mail: [georgiy15091997@gmail.com](mailto:georgiy15091997@gmail.com)

DOI: 10.17212/2307-6879-2021-1-7-20

## Application of industry 4.0 technologies in the creation of automated industrial complexes\*

V.V. Grachev<sup>1</sup>, L.P. Myshlyaev<sup>2</sup>, M.K. Venger<sup>3</sup>, M.V. Purgina<sup>4</sup>,  
D.E. Korovin<sup>5</sup>, G.A. Kulyushin<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Siberian State Industrial University, 42 Street Kirov, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation, candidate of technical sciences, associate professor of the automation and information systems. E-mail: vitaly.grachev@nicsu.ru

<sup>2</sup> LLC "Research Center of Control Systems", 42 Street Kirov, Novokuznetsk, Russian Federation, doctor of technical sciences, director. E-mail: mail@nicsu.ru

<sup>3</sup> Kemerovo Institute (Branch) of Plekhanov Russian University of Economics, 39 Kuznetsky Prospekt, Kemerovo, 654007, Russian Federation, postgraduate student of the department of the finance and banking. E-mail: Venger\_mk@mail.ru

<sup>4</sup> Novosibirsk State University of Economics and Management, 56 Street Kamenskaya, Novosibirsk, R630099, Russian Federation, candidate of technical sciences, associate professor of the information technologies. E-mail: pur-11@yandex.ru

<sup>5</sup> Siberian State Industrial University, 42 Street Kirov, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation, postgraduate student of the department of the automation and information systems. E-mail: denis\_corovin@mail.ru

<sup>6</sup> Siberian State Industrial University, 42 Street Kirov, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation, master student of the department of the automation and information systems. E-mail: georgiy15091997@gmail.com

The article examines the creation of automated industrial systems with the use of Industry 4.0. Describes the main stages of development of the concept of "Industry", technology of the present stage of Industry 4.0 technologies and the use of "digital twins" BIM 3D modeling of buildings and structures. The areas of application of these technologies, as well as their advantages and disadvantages, are presented. An example of designing the elements of the automated process control system of the processing plant "Mine No. 12" (Kiselevsk, Kemerovo region) using Industry 4.0 technologies is given.

**Keywords:** automated industrial complex (AIC), Industrial revolution, Industry 4.0, digital twin, BIM-technologies, computer-aided design (CAD) systems, modeling, automated process control systems (APCS), EPLAN

## REFERENCES

1. Industrial revolution. *Wikipedia*. (In Russian). Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_revolution](https://ru.wikipedia.org/wiki/Industrial_revolution) (accessed 16.03.2021).
2. The Fourth Industrial Revolution. *Wikipedia*. (In Russian). Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Четвертая\\_промышленная\\_революция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Четвертая_промышленная_революция) (accessed 16.03.2021).

---

\* Received 12 December 2020.

3. *Digital Twin: perspektivy ispol'zovaniya tsifrovyykh dvoynikov* [Digital Twin: prospects for the use of digital twins]. Available at: <https://nfp2b.ru/2019/01/09/digital-twin-perspektivy-ispolzovaniya-tsifrovyyh-dvoynikov> (accessed 16.03.2021).
4. Myshlyaev L.P., Venger K.G., Grachev V.V. [Digitalization and management]. *Sistemy avtomatizatsii v obrazovanii, nauke i proizvodstve, AS'2019: trudy XII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Automation systems in education, science and production, AS'2019: Proceedings of the XII All-Russian scientific and practical conference (with international participation)]. Novokuznetsk, 2019, pp. 29–31. (In Russian).
5. Bykova V.N., Kim E., Gadzhialiev M.R., Musienko V.O., Orudzhev A.O., Turovskaya E.A. *Primenenie tsifrovogo dvoynika v neftegazovoi otrasli* [Application of a digital twin in the oil and gas industry]. *Aktual'nye problemy nefti i gaza = Actual Problems of Oil and Gas*, 2020, iss. 1 (28), p. 8. DOI: 10.29222/ipng.2078-5712.2020-28.art8.
6. Eremin N.A., Eremin A.I. *Tsifrovoi dvoynik v neftegazovom proizvodstve* [Digital twin in the oil and gas production]. *Neft'. Gaz. Novatsii = Oil. Gas. Innovations*, 2018, no. 12, pp. 14–17.
7. Kokorev D.S., Posmakov N.P. *Primenenie "tsifrovyykh dvoynikov" v proizvodstvennykh protsessakh* [Application of "digital twins" in production processes]. *Colloquium-journal*, 2019, no. 26-2 (50), pp. 71–78. (In Russian).
8. Myshlyaev L.P., ed. *Sistemy avtomatizatsii na osnove naturno-model'nogo podkhoda. V 3 t. T. 2. Sistemy avtomatizatsii proizvodstvennogo naznacheniya* [Automation systems based on a natural model approach. In 3 vols. Vol. 2. Automation systems of production engineering]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2006. 483 p.
9. Avdeev V.P., Zel'tser S.R., Kartashov V.Ya., Kiselev S.F. *Naturno-matematicheskoe modelirovanie v sistemakh upravleniya* [Natural and mathematical modeling in control systems]. Kemerovo, KemSU Publ., 1987. 84 p.
10. BIM [Building Information Model / Modeling]. *Wikipedia*. (In Russian). Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM> (accessed 16.03.2021).
11. Sazykin G.P., Sineokii B.A., Myshlyaev L.P. *Proektirovanie i stroitel'stvo uglebogatitel'nykh fabrik novogo pokoleniya* [Design and construction of new generation coal processing plants]. Novokuznetsk, SibGIU Publ., 2003. 126 p.
12. Grachev V.V., Shipunov M.V. [Software for automation systems for industrial complexes]. *Avtomatizirovannyyi elektroprivod i promyshlennaya elektronika v metallurgicheskoi i gorno-toplivnoi otraslyakh: trudy Shestoi vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Automated electric drive and industrial electronics in metallurgical and mining and fuel industries. Proceedings of the Sixth conference]. Novokuznetsk, SibGIU Publ., 2014, pp. 226–232. (In Russian).

13. BIM – ot proekta do gotovogo zdaniya. Informatsionnoe modelirovanie v stroitel'noi otrasli [BIM – from the project to the finished building. Information modeling in the construction industry]. *Information portal Rengabim.com*. (In Russian). Available at: <https://rengabim.com/press-room/renga-v-smi/bim-ot-proekta-do-gotovogo-zdaniya-informacionnoe-modelirovanie-v-stroitelnoj-otrasli/> (accessed 16.03.2021).

14. Talapov V.V. *Osnovy BIM: vvedenie v informatsionnoe modelirovanie zdanii* [Fundamentals of BIM: introduction to information modeling of buildings]. Moscow, DMK-Press Publ., 2011. 392 p.

Для цитирования:

Применение технологий Industry 4.0 при создании автоматизированных промышленных комплексов / В.В. Грачев, Л.П. Мышляев, М.К. Венгер, М.В. Пургина, Д.Е. Коровин, Г.А. Кулюшин // Сборник научных трудов. – 2021. – № 1 (100). – С. 7–20. – DOI: 10.17212/2307-6879-2021-1-7-20.

For citation:

Grachev V.V., Myshlyaev L.P., Venger M.K., Purgina M.V., Korovin D.E., Kulyushin G.A. *Primenenie tekhnologii Industry 4.0 pri sozdanii avtomatizirovannykh promyshlennykh kompleksov* [Application of industry 4.0 technologies in the creation of automated industrial complexes]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2021, no. 1 (100), pp. 7–20. DOI: 10.17212/2307-6879-2021-1-7-20.