

УДК 681.5

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИИ 4.0

Адамцевич Любовь Андреевна

Доцент, к.т.н., доцент кафедры Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ (Москва, Россия); e-mail: AdamtsevichLA@mgsu.ru

Сорокин Игорь Владимирович

Магистрант кафедры Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ (Москва, Россия); e-mail: sorokin3171@gmail.com

Настычук Андрей Владимирович

магистрант кафедры Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ (Москва, Россия); e-mail: nastychuk@gmail.com

Аннотация: в статье определены перспективные в условиях цифровой трансформации строительной отрасли технологии Индустрии 4.0 на базе публикаций, представленных в международной базе Scopus. Выборка публикаций формировалась по двум критериям: год публикации – рассматривались только те публикации, которые были опубликованы в период с 2011 по 2022 годы, поскольку концепция «Индустрия 4.0» впервые презентована в 2011 г., а также, по ключевым словам: цифровая трансформация, Индустрия 4.0, строительство. Анализ первичной выборки привел к необходимости формирования еще одной выборки по ключевому слову «Строительство 4.0». Определение перспективности технологии проведено с использованием графика зрелости Гартнера.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, цифровая трансформация, технологии информационного моделирования, цифровые двойники

PROMISING INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY DIGITAL TRANSFORMATION

Adamtsevich Liubov

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, MSUCE (Moscow, Russia); e-mail: AdamtsevichLA@mgsu.ru

Sorokin Igor

Undergraduate student of the Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, MSUCE (Moscow, Russia); e-mail: sorokin3171@gmail.com

Nastychuk Andrey

Undergraduate student of the Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction, MSUCE (Moscow, Russia); e-mail: nastychuk@gmail.com

Abstract. The article defines Industry 4.0 technologies that are promising in the context of the construction industry digital transformation based on publications presented in the international Scopus database. The sample of publications was formed according to two criteria: the year of publication - only those publications that were published in the period from 2011 to 2022 were considered, since the concept of "Industry 4.0" was first presented in 2011, and, by keywords: digital transformation, Industry 4.0, construction. The analysis of the primary sample led to the need to form another sample for the keyword "Construction 4.0". Determination of technology prospects was carried out using the Gartner maturity chart.

Keywords: Industry 4.0, digital transformation, building information modeling, digital twins

Введение

Развитие человечества неразрывно связано с развитием научно-технического прогресса, который возник в процессе промышленной революции за счет сближения научной и технической деятельности. Именно в это время наука превращается в непосредственную производительную силу и в середине 50-х годов XX в. переходит в научно-техническую революцию.

В настоящее время человек живет в период четвертой промышленной революции, которую принято называть «Индустрия 4.0». Данное название закрепилось после презентации немецким правительством в 2011 г. концепции «Индустрия 4.0», где основой народного хозяйства является индустриальный сектор [1], развитие которого прогнозируется за счет внедрения передовых технологий.

Не является исключением и строительная отрасль, развитие которой возможно только с использованием новых подходов. В статье проведен анализ технологий Индустрии 4.0 с целью определения наиболее перспективных для цифровой трансформации строительной отрасли.

Методология

Для определения перспективных технологий проведен анализ публикаций, представленных в международной базе данных Scopus. Выборка публикаций 1 формировалась по следующим критериям:

1. Год публикации – рассматривались только те публикации, которые были опубликованы в период с 2011 по 2022 годы (критерий 1);
2. Ключевые слова – выборка формировалась по следующим ключевым словам: цифровая трансформация (digital transformation), Индустрия 4.0 (Industry 4.0), строительство (construction) (критерий 2).

Далее на основании выборки 1, собранной в формате RIS, формируется кластерная карта для определения ключевых технологий в рассматриваемой области. На основании полученной кластерной карты было принято решение сформировать еще одну выборку по ключевому слову «Construction 4.0» с учетом критерия 2.

В обобщенном виде схему исследования можно представить в виде рис. 1.

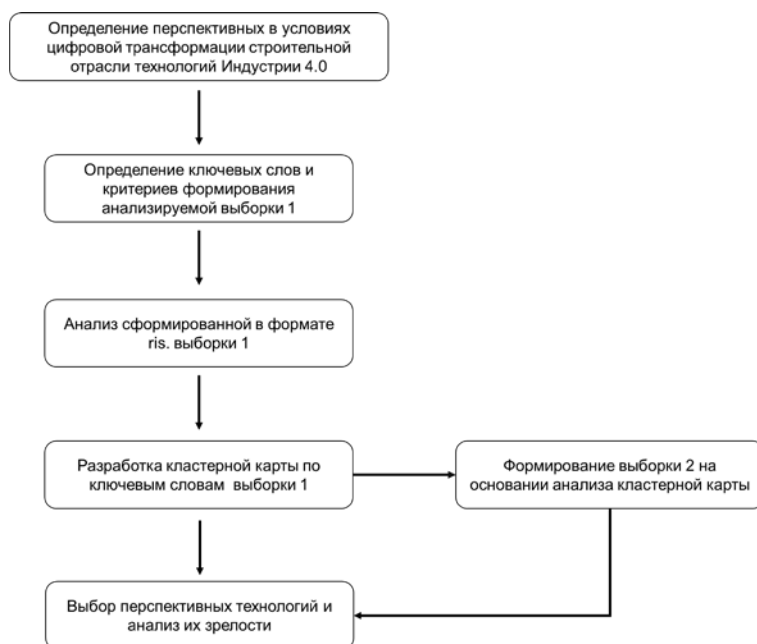
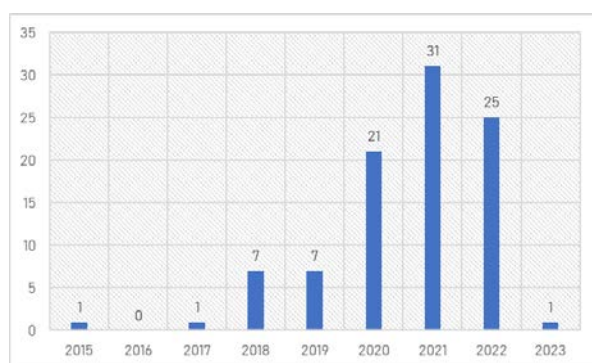


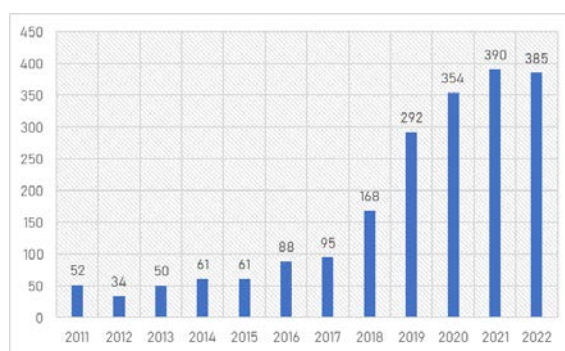
Рис. 1. Обобщенная схема исследования

Результаты:

Всего в выборке 1 по указанным критериям отображается 94 публикации, распределение которых по годам представлено на рис. 2. При этом очевидно, что наибольший интерес в этой области приходится на 2020-2022 гг.



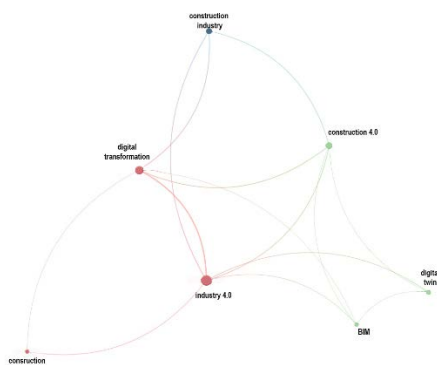
а) для выборки 1



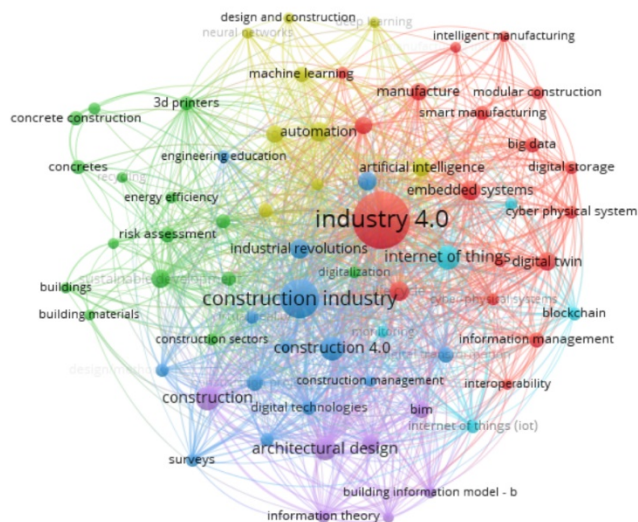
б) для выборки 2

Рис. 2. Распределение публикаций по годам

Далее на основании публикаций, представленных в выборке, строится кластерная карта взаимосвязи ключевых слов (рис. 3а).



а) для выборки 1



б) для выборки 2

Рис.3. Взаимосвязь ключевых слов в виде кластерной карты

Анализ кластерной карты по выборке 1 привел к выводу, что для определения ключевых технологий целесообразно создать еще одну выборку по ключевому слову «Construction 4.0»-строительство 4.0 - с учетом первого критерия формирования выборки. Вместе с тем, наиболее востребованными технологиями в соответствии с выборкой 1 являются технологии информационного моделирования и цифровые двойники, что подтверждается наличием значительного количества публикаций и в отечественных системах цитирования [2-15 и др.].

В результате нового запроса сформирована выборка из 2026 публикаций, распределение которых по годам, представлено на рис.2б, а взаимосвязь ключевых слов – на рис.3б.

В соответствии с рис. 3б явно можно выделить несколько кластеров. Первый кластер – красного цвета – сформирован вокруг ключевого слова «Индустрия 4.0» и включает в себя такие технологии, как *большие данные, киберфизические системы, системы искусственного интеллекта, умное производство* и пр.

Второй кластер, синего цвета, как раз собирает технологии для строительной отрасли четвертой промышленной революции, и включает в себя *технологии информационного моделирования* и вопросы, связанные с

непосредственным возведением объектов капитального строительства. Связующим звеном – кластер голубого цвета – является кластер, включающий в себя *интернет вещей, блокчейн, информационный менеджмент*, специализирующийся на сборе, управлении и распределении информации. Желтый кластер отражает связь *нейронных сетей, машинного обучения, автоматизации проектирования* и пр.

Интересным в рамках представленного исследования является зеленый кластер, по которому видно, что значительное внимание уделяется вопросам развития *аддитивных технологий* и строительным материалам.

Оценку зрелости технологий можно провести с использованием кривой Гартнера, которая представляет собой графическое отображение цикла зрелости технологий, представляющего собой поэтапный процесс, через который проходит любая технология от рекламной стадии до продуктивного использования [16].

Кривая состоит из нескольких этапов (рис. 4) [16]:

Запуск технологии – этап, на котором обсуждаются перспективы технологии, растут объемы рекламы, однако сама технология не подтвердила свою эффективность.

Пик завышенных ожиданий – технология становится предметом широкого обсуждения в обществе, что приводит к завышенным ожиданиям от технологии.

Пропась разочарования – этап, на котором обнаруживаются главные недостатки, слабые места и ограничения технологии, на этом этапе многие технологии, так и не достигнув зрелости, преждевременно завершают свой жизненный цикл.

Склон просветления – этап, в рамках которого действительно актуальные технологии после некоторой модернизации находят применение.

Плато продуктивности – этап, на котором общество воспринимает технологию как данность, объективно оценивая ее возможности, достоинства

и ограничения. Окончательная высота плато зависит от того, насколько широко она применяется.



Рис. 4. Этапы зрелости технологии по кривой Гартнера [17]

При этом анализ кривых Гартнера за последние пять лет показал, что технология цифровых двойников в 2017 г. была на этапе запуска, а такие технологии, как машинное обучение, блокчейн, глубокое обучение были на этапе пика завышенных ожиданий, сейчас они находятся на склоне просвещения. С другой стороны, технологии информационного моделирования достигли плато продуктивности и стали неотъемлемой частью реализации проектов, где визуализация цифровых данных играет важную роль для обеспечения коммуникации с пользователями.

На рис. 5 представлена кривая, разработанная в 2020 г., из которой видно, что перспективными технологиями считаются цифровой двойник, причем не столько физического объекта, сколько полноценная трехмерная модель человека с его биометрическими характеристиками; комбинированная архитектура предприятия, которая обеспечивает гибкость бизнес-моделей за счет модульности, эффективности, постоянного развития и адаптивных инноваций; созидательный искусственный интеллект, способный динамически меняться для оперативной реакции на новую ситуацию, включая

генерацию нового или изменение существующего контента; доверие алгоритмам, когда технологии, а не люди, обеспечивают конфиденциальность и безопасность данных, прозрачность событий и происхождение активов, а также чипы без кремния, чтобы обойти физические ограничения этого материала [18].

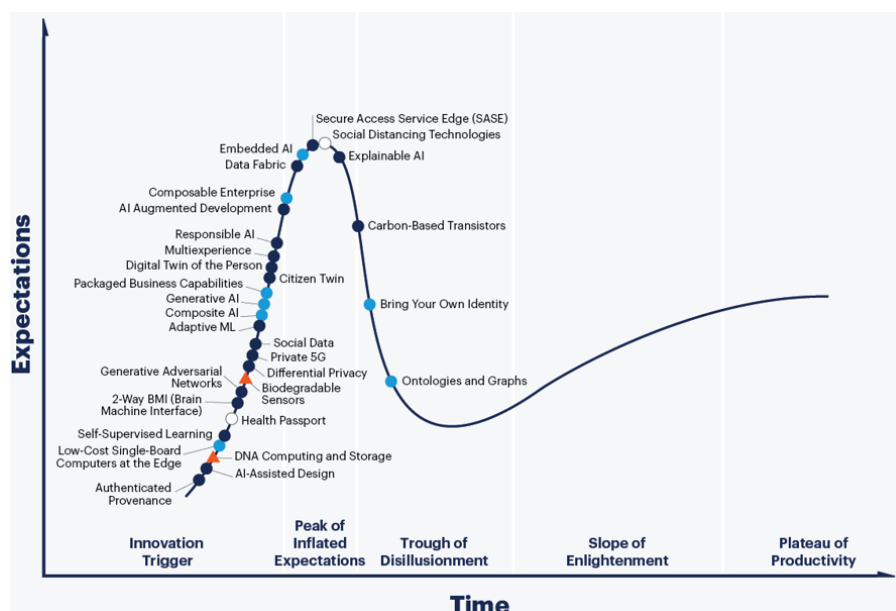


Рис.5. Кривая Гартнера, опубликованная в 2020 г. [19]

Выводы

Цифровая трансформация строительной отрасли своей целью ставит автоматизацию всех стадий жизненного цикла объекта — от проектирования до эксплуатации зданий.

Таким образом основной задачей цифровой трансформации строительной отрасли становится проблема интеграции различных технологий в цифровые экосистемы, развитие которых приведет к повышению уровня жизни человека, безопасности и экологичности его деятельности.

Литература:

1. Белов В. Б. Новая парадигма промышленного развития германии - стратегия "Индустрия 4.0"// Современная Европа. 2016. № 5 (71). С. 11-22.
2. Пашкова О.В., Кокунько И.Н., Куцев Д.В., Морозов А.А. Обзор современных информационных технологий проектирования и моделирования на различных стадиях проектирования строительных объектов// В сборнике: Перспективные технологии в промышленном и гражданском строительстве. Сб. научн. тр. Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты. 2019. С. 108-112.

3. Диско А.И. Исследование истории развития BIM-технологий как инструмента комплексного управления инвестиционным проектом//В сборнике: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией А.А. Семенова. Санкт-Петербург, 2021. С. 491-497.
4. Тимошенко Т.А., Нигорожина Е.С. Внедрение ТИМ (BIM) в строительстве в России// Университетская наука. 2022. № 1 (13). С. 91-94.
5. Юханов С.С., Зуев Д.В., Бочкарёв С.В., Федоров А.А. Преимущества технологии цифрового двойника инфраструктуры // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 4. С. 25-27.
6. Гинзбург А.В., Адамцевич Л.А., Адамцевич А.О. Строительная отрасль и концепция "Индустрия 4.0": обзор// Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 7. С. 885-911.
7. Шутова М.Н., Вареница А.П., Евтушенко С.И., Подскребалин А.С. Применение метода 3D сканирования при выполнении обмерных работ объектов производственного и непромышленного назначения // Строительство и архитектура. - 2022. - Т. 10, Вып. 2 (35). - С. 76-80. doi: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-76-80
8. Пученков И.С., Евтушенко С.И. Создание информационной модели здания в среде общих данных // Строительство и архитектура. - 2021. - Т. 9, Вып. 1 (30). - С. 46-50. doi: 10.29039/2308-0191-2021-9-1-46-50
9. Евтушенко С.И., Феттер М.А. Проблемы применения автоматической расстановки элементов при построении информационной модели трубопроводных систем здания по облакам точек // Строительство и архитектура. - 2022. - Т. 10, Вып. 2 (35). - С. 71-75. doi: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-71-75
10. Евтушенко С.И., Осташев Р.А. Разработка IFC маппинга для выгрузки информационных моделей архитектурных решений // Строительство и архитектура. - 2022. - Т. 10, Вып. 2 (35). - С. 91-110. doi: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-91-110
11. Никандрова Л.В., Евтушенко С.И. Использование технологий информационного моделирования при разработке проектной и рабочей документации // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: матер. XIX междуна. научн.-техн. конф., Новочеркасск 22-23 октября 2020 г./ Юж.-Рос. гос. политехн. Ун-т (НПИ) имени М.И. Платова.- Новочеркасск: Лик, 2020.- С. 4-9.
12. Осташев Р.В., Евтушенко С.И. Анализ плагина для связи информационных моделей зданий Direct Link // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: матер. XIX междуна. научн.-техн. конф., Новочеркасск 22-23 октября 2020 г./ Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова.- Новочеркасск: Лик, 2020.- С. 9-13.
13. Евтушенко С.И., Шилова Л.А., Улесикова Е.С., Кучумов М.А. Информационное моделирование тоннеля метро с противовибрационными мероприятиями // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019 [Электронный ресурс] : сб. материалов Всероссийской научной конференции (Москва, 25 ноября 2019 г.). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. С. 177-180
14. Евтушенко С.И., Шилова Л.А., Улесикова Е.С., Кучумов М.А. Информационное моделирование тоннеля метро с противовибрационными мероприятиями // Наука и бизнес: пути развития, 2019, №10 (100), С. 29-35.
15. Shilov L., Evtushenko S., Arkhipov D., Shilova L. The prospects of information technology using for the analysis of industrial buildings defects / VII International Scientific Conference "Integration Partnership and Innovation in Construction Science and Education" (IPCSE 2020) 11th -14th November 2020, Tashkent, Uzbekistan // (2021) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (1) 012039 DOI:10.1088/1757-899X/1030/1/01203
16. Егоров А.А. Главные стратегические технологические тренды на 2022 год. Часть 1. // Автоматизация в IT в нефтегазовой области. 2022.№3(49). С. 4-19.

17. Фролов Е.Б. Цифровые модели в задачах управления машиностроительным производством// Ритм машиностроения. 2020. № 9.С. 29-33
18. Топ-5 новых технологий (Дата обращения – 01.11.2022)
<https://www.bigdataschool.ru/blog/perspective-technologies-gartner-2020.html>
19. Официальный сайт компании. (Дата обращения – 01.11.2022)
<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-drive-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2020>