

3. Civil Code of the Republic of Belarus, 7 December 1998 with amendments and additions: Law of the Republic of Belarus of 01 March 2023 No. 226-Z // Etalon-Belarus [Electronic resource] / National Legal Information Centre of the Republic of Belarus. – Minsk, 2023.

4. Mikhed V.V.. How to transfer to the accountant the electronic signature for signing bank and other financial documents, if the accounting services of LLC are rendered by a third-party organisation / V.V. Mikhed. Mikhed // Information-legal system normative.by [Electronic resource]. – 2023. – Access mode: <https://normativka.by/lib/document/110731/sid/baeefb4875cc4f6690f40bf61b766f7b#serialnumber=3>. – Date of access: 18.10.2023.

5. On additional measures to implement the Law of the Republic of Belarus of 28 December 2009 № 113-3 "On electronic document and electronic digital signature"//Etalon-Belarus [Electronic resource] / National Centre for Legal Information of the Republic of Belarus. – Minsk, 2023.

© Frolov V.I., 2023

УДК 624.05

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Д. В. Хололович

Научный руководитель: Н. В. Носко

Брестский государственный технический университет
Республика Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267
dikhololovich@mail.ru

3D-печать успешно применяется в строительстве для изготовления разнообразных архитектурных макетов зданий и сооружений, возведения малоэтажных домов, создания отдельных элементов конструкций. В статье проанализирован зарубежный опыт применения 3D-печати в строительстве. Постоянно внедряются новые технологии, разрабатываются новые методики использования принтеров с трехмерной печатью, создаются новые материалы, в том числе из переработанного сырья.

Ключевые слова: строительство, 3D-печать, аддитивные технологии, 3D-принтер, здания и сооружения.

APPLICATION OF 3D PRINTING TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

D. V. Khololovich

Scientific supervisor: N. V. Nosko

¹Brest State Technical University
Republic of Belarus, Brest, st. Moskovskaya, 267
dikhololovich@mail.ru

3D printing is successfully used in construction for the production of various architectural models of buildings and structures, the construction of low-rise buildings, and the creation of individual structural elements. The article analyzes foreign experience in using 3D printing in construction. New technologies are constantly being introduced, new methods for using 3D printing printers are being developed, and new materials are being created, including from recycled materials.

Keywords: construction, 3D printing, additive technologies, 3D printer, buildings and structures.

Одним из новых направлений в сфере строительства является применение 3D-печати, что представляет собой процесс создания трехмерных объектов различных форм с использованием компьютерной модели. С помощью этой технологии можно последовательно создавать разнообразные архитектурные модели зданий и сооружений, строить многоэтажные дома и изготавливать отдельные элементы конструкций.

Историческим началом в развитии автоматизированных методов строительства с использованием 3D-печати можно считать концепцию, представленную компанией Countour Crafting Corp в 1998 году, которая включала в себя идею слойного создания строительных конструкций [1].

Активное использование технологии 3D-печати в строительстве началось в 2014 году, когда китайская компания Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co. представила 10 домов, которые были построены с использованием этой инновационной технологии. В течение последующих десяти месяцев произошло значительное усовершенствование методов, и компания смогла построить еще несколько различных типов зданий. Наиболее выдающимся из них был пятиэтажный дом (рисунок 1).



Рисунок 1 – Многоэтажный дом, напечатанный с помощью 3D-принтера компанией WinSun [1]

Российская компания Спецавиа представила первый жилой дом, созданный с использованием 3D-печати, в странах СНГ и Европе. Для его создания корпус здания был напечатан по частям с помощью порталного принтера, а затем быстро смонтирован на фундаменте всего за один месяц (рисунок 2) [2].



Рисунок 2 – Первый в Европе и СНГ жилой дом компании Спецавиа [2]

В октябре 2019 года российская компания Спецавиа завершила строительство самого крупного в мире здания площадью 650 квадратных метров с применением технологии

3D-печати (рисунок 3). Это здание, расположенное в Дубае и имеющее высоту 9,5 метров, было внесено в Книгу рекордов Гиннесса как самое большое здание, созданное с использованием 3D-печати на строительной площадке.

Это значительное достижение подчеркивает потенциал и перспективы технологии 3D-печати в строительстве. Строительство такого крупного здания с использованием 3D-печати предоставляет ряд преимуществ, включая более быструю скорость возведения, снижение затрат на рабочую силу и минимизацию отходов материалов. К тому же, такие инновационные проекты могут способствовать развитию устойчивых и экологически чистых методов строительства, что является важным аспектом современной строительной индустрии.

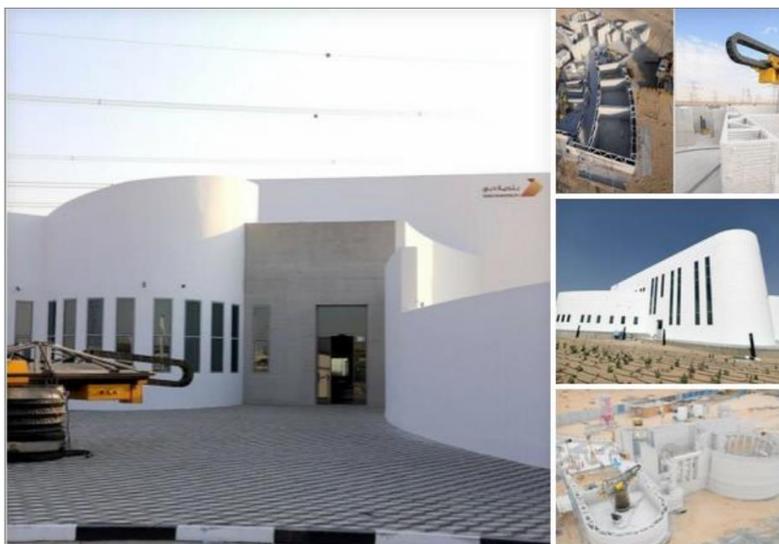


Рисунок 3 – Здание компании Apis Cor в Дубае [2]

Развитие 3D-технологий в строительстве представляет собой многообещающую перспективу, как в ОАЭ, так и во многих других странах мира. План по возведению 25 % объектов с использованием 3D-технологий к 2030 году в ОАЭ демонстрирует амбициозные намерения в данной области.

Текущие скорости 3D-строительства, которые составляют сотни квадратных метров в сутки, уже впечатляют, но они могут увеличиться еще больше с развитием технологий и оптимизацией процессов. Увеличение высотности зданий, построенных с использованием 3D-печати, также представляет собой важное направление для развития, но требует решения технических проблем, связанных с вертикальным армированием и структурной надежностью таких зданий.

Например, архитекторы из Нью-Йорка используют 3D-печать, чтобы восстановить облик исторических зданий, так как методика использования 3D-печати дает возможность создавать и вставлять сложные архитектурно-дизайнерские элементы при небольших затратах (проект EDG) [5].

Архитекторы считают, что эту разработку можно будет применять и в других городах и странах по всему миру. 3D-печать можно использовать как дополнительный инструмент для решения ряда строительных задач.

Таким образом, с помощью 3D-печати возможно создать не только разнообразные архитектурные конструкции, но и построить реальные здания и сооружения. Разработка и возведение любого проекта с различными уровнями сложности при помощи 3D-принтеров займет в несколько раз меньше времени, нежели стандартное строительство.

Сегодня в строительной отрасли все еще преобладают традиционные методы возведения зданий и сооружений, и она уступает другим отраслям промышленности в применении технологии 3D-печати. Несмотря на это, интерес к этому инновационному направлению проявляется не только со стороны университетов и научных групп – крупные корпорации

активно внедряют 3D-печать в свои проекты. Прогресс в этой области не стоит на месте, и в перспективе использование 3D-печати может радикально изменить строительную индустрию [6].

Что касается Беларуси, страна также не остается в стороне от этой тенденции. Белорусские университеты и исследовательские группы активно работают над разработкой и применением 3D-печати в строительстве. Крупные компании в строительной отрасли начинают осваивать эту технологию. В будущем использование 3D-печати может способствовать более эффективным и инновационным строительным проектам в Беларуси и улучшению инфраструктуры страны.

Список использованных источников

1. Иноземцев, А. С. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве / А. С. Иноземцев, Е. В. Королев, Зыонг Тхань Куй // Вестник МГСУ, 2018. – Т. 13. – № 7 (118). – С. 863–876.
2. Лохмутов, Н. Д. Перспектива развития 3D-печати в строительстве / Н. Д. Лохмутов, Д. В. Куличков, В. В. Ермолаева // Молодой ученый, 2018. – № 23 (209). – С. 177–179.
3. Лунева, Д. А. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития / Д. А. Лунева, Е. О. Кожевникова, С. В. Калошина // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура, 2017. – Т. 8. – № 1. – С. 90–101.
4. Максимов, Н. М. Аддитивные технологии в строительстве: оборудование и материалы / Н. М. Максимов // Аддитивные технологии, 2017. – № 4. – С. 54–62.
5. Мухаметрахимов, Р. Х. Аддитивная технология возведения зданий и сооружений с применением строительного 3D-принтера / Р. Х. Мухаметрахимов, И. М. Вахитов // Известия КГАСУ, 2017. – № 4 (42). – С. 350–356.
6. Ватин, Н. И. 3D-печать в строительстве / Н. И. Ватин [и др.] // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017. – № 1(52). – С. 27–46.
7. Танько, В. Д. Тенденции цифровизации в строительной сфере / В. Д. Танько [и др.] // Экономика и предпринимательство, 2021. – № 2 (127). – С. 184–187.
8. Рыбнов, Е. И. Развитие технологии контурного строительства / Е. И. Рыбнов, А. Н. Егоров, Н. С. Горовая // Вестник гражданских инженеров, 2018. – № 2 (67). – С. 135–140.

References

1. Inozemcev, A. S. Analiz sushchestvuyushchih tekhnologicheskikh reshenij 3D-pechati v stroitel'stve / A. S. Inozemcev, E. V. Korolev, Zyong Than' Kuj // Vestnik MGSU, 2018. – T. 13. – № 7 (118). – S. 863–876.
2. Lohmutov, N. D. Perspektiva razvitiya 3D-pechati v stroitel'stve / N. D. Lohmutov, D. V. Kulichkov, V. V. Ermolaeva // Molodoy uchenyj, 2018. – № 23 (209). – S. 177–179.
3. Luneva, D. A. Primenenie 3D-pechati v stroitel'stve i perspektivy ee razvitiya / D. A. Luneva, E. O. Kozhevnikova, S. V. Kaloshina // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura, 2017. – T. 8. – № 1. – S. 90–101.
4. Maksimov, N. M. Additivnye tekhnologii v stroitel'stve: oborudovanie i materialy / N. M. Maksimov // Additivnye tekhnologii, 2017. – № 4. – S. 54–62.
5. Muhametrahimov, R. H. Additivnaya tekhnologiya vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij s primeneniem stroitel'nogo 3D-printera / R. H. Muhametrahimov, I. M. Vahitov // Izvestiya KGASU, 2017. – № 4 (42). – С. 350–356.
6. Vatin, N. I. 3D-pechat' v stroitel'stve / N. I. Vatin [i dr.] // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij, 2017. – № 1(52). – S. 27–46.
7. Tan'ko, V. D. Tendencii cifrovizacii v stroitel'noj sfere / V. D. Tan'ko [i dr.] // Ekonomika i predprinimatel'stvo, 2021. – № 2 (127). – S. 184–187.
8. Rybnov, E. I. Razvitie tekhnologii konturnogo stroitel'stva / E. I. Rybnov, A. N. Egorov, N. S. Gorovaya // Vestnik grazhdanskih inzhenerov, 2018. – № 2 (67). – S. 135–140.