

УДК: 69.002.5

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Куляшов И. Д. (студент)^{1*}, Глухова А. В. (научный руководитель)²

^{1,2}СПбГАСУ – Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Санкт-Петербург

E-mail: teleshpak@mail.ru*

Технология трёхмерной печати широко используется в сферах электроники, машиностроения, медицины и радиотехники, но роль 3D-печати в сфере строительстве лишь начинает приобретать значимость в деятельности человека. Аддитивная технология печати (Additive Manufacturing – от слова аддитивность – прибавляемый) – это послойное создание, синтез объекта при помощи 3D-печати. Серьёзное преимущество этой технологии заключается в высокой точности и, как следствие, в том, что архитекторы и дизайнеры имеют возможность не заходить в определённые рамки строительства. Современные 3D-принтеры могут не только возводить строения сложной формы, но и участвовать в этапах строительства, производя изоляционные и отделочные работы. В настоящей статье описаны и разобраны инновационные методы строительства и их ключевые преимущества. Также приведены примеры сооружений и построек, возводимых с помощью аддитивных технологий.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, строительное производство, строительство, бетонные смеси.

ADDITIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

Kulyashov I. D. (student)^{1*}, Gluhova A. V. (scientific supervisor)²

^{1,2}SPbGASU – Saint Petersburg State of Architecture and Civil Engineering, Russia, Saint Petersburg

E-mail: teleshpak@mail.ru*

Three-dimensional printing technology is widely used in the fields of electrical engineering, mechanical engineering, medicine, and radio engineering, but the role of 3D-printing in the field of construction is only beginning to gain importance in the activities of mankind. Additive printing technology (Additive Manufacturing – from the word additive – added) is a layer-by-layer creation, synthesis of an object by means of 3D-printing. A serious advantage of this technology is the high accuracy and, as a consequence, architects and designers have the opportunity not to go beyond certain limits of construction. Modern 3D-printers can not only build structures of complex shape, but also participate in the construction stages by performing insulation and finishing works. In this article the innovative methods of construction and their key advantages are described and analyzed. It also gives examples of structures and buildings built with the help of additive technologies.

Keywords: 3D-printing, additive technologies, construction production, concrete mixes.

Введение

В строительной сфере аддитивные технологии начинают свое развитие еще в первой половине XX века [11]. Уже тогда люди задумались об автоматизации своего труда. В настоящее время строительные машины развиваются и достигают внушительных масштабов и мощностей [10]. Также в наше время остро встает вопрос экологии, так как строительная сфера потребляет огромную часть невозобновляемых ресурсов планеты, при этом перерабатывается только 10–20% продуктов отработки, которые зачастую представляют огромную опасность для окружающей среды, а порой могут быть токсичными [3]. Аддитивные технологии 3D-печати дают нам возможность строить в труднодоступных для техники местах, притом за короткие сроки с высоким уровнем качества.

Материалы и методы

Выбран аналитический метод исследования, где в качестве материалов были взяты научные статьи и сайты, с целью обобщить, популяризовать и обратить внимание общественности на развивающуюся инновационную технологию строительного будущего: 3D-принтеры.

История 3D-принтеров

Самые первые модели аддитивных строительных технологий могли выполнять односложные задачи. Первым 3D-принтером можно считать машину Уильяма Урошеля, способную возводить стены по окружности диаметром до 10 метров (рис. 1). Её способности ограничивались возможностью придавать затвердевшему материалу формы полосы и наносить его в качестве нового слоя при формировании стены, материал в которую подавался ручным способом, а утрамбовывался при помощи вибрационного питателя [11].



Рис. 1. – Уильям Урошель демонстрирует свою машину для возведения стен, Вальпариосо, штат Индиана [11].

Также одними из первопроходцев, задумывавшихся использовать машины на основе цемента для аддитивного цемента к строительству, является профессор Стэнфордского университета Джозеф Пенья. Идею реализации строительной 3D-печати в середине 1990-х годов предложил профессор из университета Южной Калифорнии, Берох Хошневис, он использовал инновационную технологию Contour Crafting (CC) [2].

В настоящее время существует широкий выбор моделей, способных возводить малоэтажные коттеджные дома разных размеров и различного качества. Например, инновационный 3D-принтер BOD2 является самым быстрым строительным принтером, способным перемещать головку со скоростью 1 метр в секунду. С такой скоростью эта машина способна выдавливать до 10 тонн бетона в час, что является невообразимой скоростью для традиционного способа строительства [10]. Также сейчас ведутся активные разработки новых моделей строительных принтеров, способных работать на энергии, накапливаемой в солнечных батареях [1]. Такой инновационный подход способен приблизить нас к реализации идеи «зелёного» строительства. В технологическом плане принцип действия большей части нынешних строительных принтеров схож с работой обычных принтеров для трёхмерной печати деталей (рис. 2).

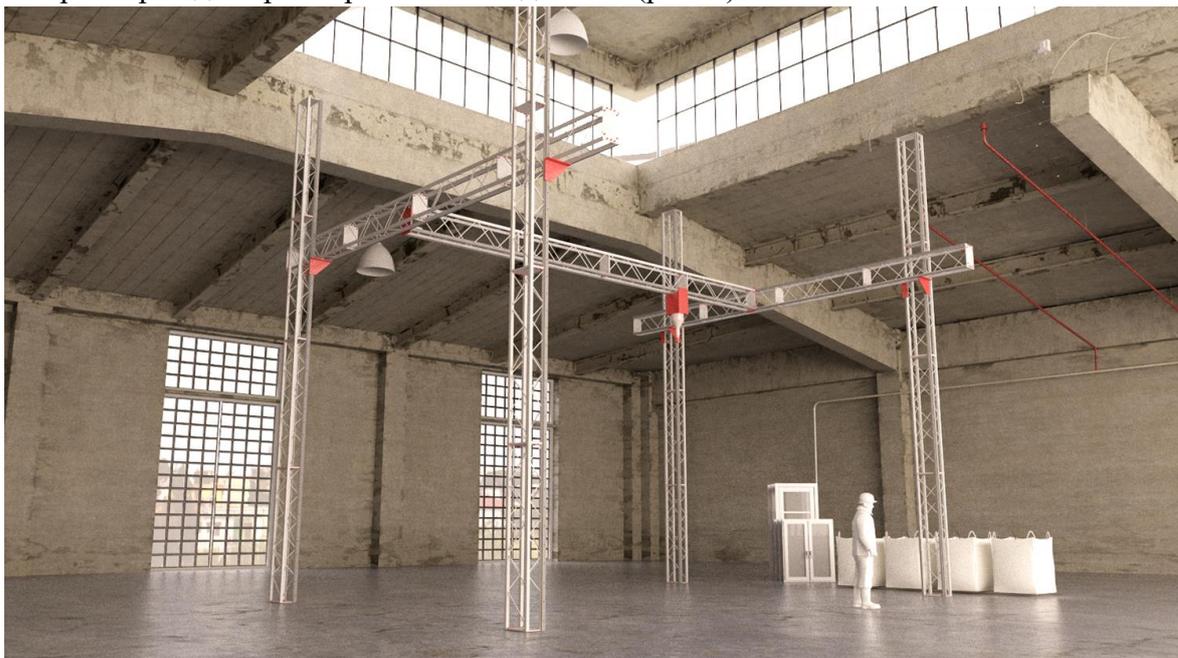


Рис. 2. – Новый строительный принтер BOD2 от компании 3D Printhuset [10].

Достоинства и недостатки аддитивных технологий в строительстве

Преимуществом аддитивных технологий определённно является скорость выполнения задач и мобильность установки, что может позволить возводить сооружения после стихийных бедствий, для быстрого расселения людей и улучшения их качества жизни. Учитывая, что ведутся активные разработки таких машин, в которых сырьём могут служить не только специальные смеси, но и местные природные материалы, это устройство в скором будущем будет являться прямым спасением людей в катастрофах [3]. Также данную технологию можно использовать не только для полноценного строительства уникальных зданий и сооружений, но и для изготовления вспомогательных элементов в процессе реконструкции [6]. Таким образом аддитивные технологии имеют большой потенциал, перечислим некоторые, уже выделенные аспекты их технологической эффективности [4, 7]:

1- Экономичность

Сокращение трудовых затрат, уменьшение времени инвестиционных циклов, бережное использования строительных материалов.

2- Экологичность

Сниженный выброс отходов строительного производства ведёт к уменьшению пагубного влияния на окружающую среду.

3- Архитектурные возможности

Многие замыслы архитекторов и дизайнеров могут не входить в проект, потому что они могут быть сложными и дорогостоящими, однако строительные 3D-принтеры имеют возможность воплотить в жизнь такие идеи.

4- Качество выполнения геометрии зданий

3D-печать задается программой и здание строится согласно переданной информационной модели, потому геометрия ведётся строго по предоставленному в компьютере проекту (до 0,5 мм.).

5- Скорость строительства

Средняя скорость печати варьируется от 7 до 10 метров в минуту.

6- Экономия труда

По сравнению с целой строительной бригадой для обслуживания строительного принтера требуется не более трёх человек.

7- Высота зданий

Зачастую строительные принтеры применяют для строительства коттеджных зданий, высотой до двух этажей, но эти машины способны возводить сооружения до пяти этажей различной конфигурации.

Однако, даже нынешние технологии проигрывают ручному труду в способности обеспечивать полный цикл монтажных работ [8]. В качестве отрицательных характеристик, вызванных внедрением аддитивных технологий, на данный момент, можно выявить следующие аспекты [2, 4, 5, 7]:

1- Ограниченные размеры

Ограничение размеров рабочей зоной оборудования не дает возможности возводить сооружения произвольных размеров.

2- Дороговизна для малых предприятий

Высокая стоимость технологий обусловлена отсутствием производства крупных серий.

3- Недостаток научно-технической базы

Недостаточное количество нормативной базы для контроля строительства с применением аддитивных технологий

4- Безработица

Замена труда рабочих на машины в такой сфере как строительство может привести к высокому уровню безработицы.

5- Большие риски, связанные с ошибкой в цифровой модели

При ошибке в информационной модели во время процесса строительства принтер может испортить работу предыдущих этапов. Также время, затраченное на изменение цифрового проекта, несет за собой дополнительные издержки.

Примеры сооружений, возведённых при помощи строительных принтеров

Прогрессивные компании ведут активную работу по внедрению принтеров в строительную сферу. Известные постройки на основе 3D-печати:

- «Офис будущего» В ОАЭ (рис. 3).

Для строительства одноэтажного здания площадью 250 кв. м. потребовалось всего 17 дней и несколько человек, контролирующих работу 3D-принтера [4].



Рис. 3. – «Офис будущего» [12].

- Один из первых домов в России, напечатанных с помощью аддитивных технологий (рис. 4).

Если говорить о России, то наша страна старается не отставать. Компания «СПЕЦАВИА» также занимается производством принтеров аддитивной технологии [9].



Рис. 4. – Один из первых домов в Европе, напечатанных на 3D-принтере [13].

Результаты

3D-принтеры являются технологиями будущего, которые будут способны при должном финансировании полностью заменить человеческий труд на всей площадке

стройки. Уже в настоящее время они могут поразить воображение как функционалом и скоростью выполняемых работ, так и их качеством. А дальнейшее развитие этой технологии способствует широкому распространению и ещё большему увеличению возможностей этих машин.

Заключение

В настоящее время 3D-принтеры достаточно распространены, однако консервативный характер строительных компаний не дает распространения этой технологии на глобальном рынке. Значительными проблемами в сфере строительных принтеров является отсутствие полноценной нормативной базы, недостаток квалифицированных кадров и высокая цена оборудования, которая обусловлена отсутствием производства больших серий.

Однако, большие корпорации понимают, что за технологиями и автоматизацией процессов стоит большой потенциал, который следует развивать и применять на практике.

Список литературы

1. Арбамян С. Г., Илиев А. Б., Липатова С. И. Современные строительные аддитивные технологии. Часть 2. // Инженерный вестник Дона. – 2018. - №6.
2. Ватин Н.И., Чумадова Л. И., Гончаров И. С., Зыркова В. В., Карпеня А. Н., Ким А. А., Финашенков Е. В. 3D-печать в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений – 2017. - №1(52). – С.27-46.
3. Власова Т. А. Экологические аддитивные технологии в строительстве: обзор // Инженерный вестник Дона – 2019. - №6.
4. Дребезгова М. Ю. Современные аддитивные технологии в малоэтажном строительстве. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2017. – №6. - С.66-69.
5. Кирилова Н. К., Алексеева А. Н., Егорова А. Д. Применение аддитивных технологий в строительстве и при изготовлении керамических изделий // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2020. - №2. – С.134-141.
6. Коротеев Д. Д., Корнеева А. И. Применение аддитивных технологий производства в строительстве на примере разработки 3D-модели с последующей печатью // Системные технологии 2 – 2021. - №39. - С.20-29.
7. Неустроев Д. В., Овчинников И.Г. Аддитивные технологии и их применение в промышленном и транспортном строительстве // Вестник Евразийской науки – 2021. - №2 – UPD: <https://esj.today/PDF/26SAVN221.pdf> (дата обращения: 27.01.2023)
8. Пермяков М. Б., Пермяков А. Ф., Давыдова А. М. Аддитивные технологии в строительстве - С.14-15.
9. Самандасюк Г. В., Слесарев И. А., Кожен М. С. Аддитивные технологии в строительстве. – С.18-19.
10. 3D Printhuset Introduces the BOD2 Construction 3D Printer URL: <https://3dprint.com/220208/3d-printhuset-bod2-3d-printer/> (дата обращения: 27.01.2023)

11. William Urschel Demonstrates his Wall Building Machine, URL: <https://naturalbuildingblog.com/william-urschel-demonstrates-his-wall-building-machine/> (дата обращения: 27.01.2023)
12. URL: <http://bc-klimovsk.ru/about/news/samye-neobychnye-ofisy-mira-ofis-iz-printera> (дата обращения: 27.01.2023)
13. URL: <https://specavia.pro/articles/obyavlyetsya-novyy-nabor-na-kurs-proektirovanie-pod-3d-pechat-v-stroitelstve/> (дата обращения: 27.01.2023)