

УДК 693.546

**М.Н. Микова, М.А. Безгодов****M.N. Mikova, M.A. Bezgodov**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ПЕЧАТИ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ****THE TECHNOLOGY OF USING 3D PRINTING  
IN CONSTRUCTION**

В современном строительстве при возведении зданий и сооружений актуальной темой является использование 3D-принтеров. Проанализированы технологии 3D-печати и выявлены причины, по которым 3D-печать получает быстрое развитие в строительстве. Рассмотрены виды строительных принтеров, принцип их работы и область применения. Описаны конструктивные особенности различных принтеров и способы их использования на строительной площадке. Представлены существующие методы использования 3D-печати в строительстве: метод послойного экструдирования, метод спекания и метод напыления. На основе материалов выявлены преимущества и недостатки данной технологии в сравнении с традиционными. Приведены данные об использовании технологии в настоящее время. В заключение сделан вывод о перспективах развития данного направления в будущем.

**Ключевые слова:** 3D-печать, 3D-принтер, строительный принтер, строительство.

**Abstract.** The use of 3D printers in the building construction and facilities is the highly topical issue in modern construction field. This article is concerned with the analysis of 3D printing technology and identifying the reasons why 3D printing is rapidly developing in construction. What is more, the types of construction printers and its operation principles are in the core of this paper and application area. The design features of various printers and how to use them at the construction site are described. The existing methods of using 3D printing in construction are presented: a layer-by-layer extrusion method, a sintering method, and a sputtering method. It is worth noting that the advantages and disadvantages of this technology are identified on the base of the materials compared to traditional. Data is given on the use of technology at present. In the final part of the paper, it is concluded about the prospects progress of this direction in the future.

**Keywords:** 3D printing, 3D printer, construction printer, construction.

Современное строительство развивается быстрыми темпами, каждый год появляются новые технологии, способные упростить и ускорить сроки возведения зданий. Одной из таких технологий является использование 3D-печати в строительстве зданий и сооружений [1]. 3D-печать является компьютеризированным процессом последовательного наложения материалов друг на друга

для создания трехмерного объекта [1]. По-другому этот процесс можно назвать аддитивным производством.

3D-печать появилась в 1980 годы, но из-за дороговизны и трудоемкости создания 3D-принтеров, она не была востребована. К 2000 году 3D-печать уже получила широкое применение в медицине, машиностроении и авиаконструировании, и лишь к 2005 году 3D-принтеры стали доступны для общего использования, область их применения значительно расширилась.

Здесь рассмотрим виды строительных принтеров и их устройство, технологию использования 3D-печати в строительстве, преимущества и недостатки технологии, перспективы развития 3D-печати в мире и РФ.

Строительный 3D-принтер представляет собой стрелу экструдера и управляющие ею эксцентрики, которые перемещаются по платформе в заданном направлении. База или основание напрямую зависят от параметров возводимого объекта.

Строительные принтеры принято разделять по пространственному методу работы, мобильности и объектам печати.

1. По пространственному методу работы различают:

– XYZ-принтеры (портальные принтеры), в которых печатная головка способна перемещаться только по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Считаются самыми распространенными типами строительных принтеров в настоящее время. Их главными преимуществами являются простота конструкции и надежность в использовании, а главным недостатком – ограничение в размерах. Портальный принтер по конструкции напоминает башенный кран;

– дельта-принтеры, у которых оси располагаются параллельно на трех ребрах жесткости, которые одновременно могут быть и направляющими для кареток осей. Ребра жесткости образуют треугольник с углами в  $120^\circ$  в виде латинской буквы  $\Delta$  – дельта. Преимущества дельта-принтеров в их способности создавать более сложные объекты, но они имеют неточность печати и небольшую надежность. 3D-принтер способен работать с множеством разных материалов, включая глину, небольшое количество химических добавок, а также цемент [2–5];

– роботизированные принтеры-манипуляторы. Их основное преимущество заключается в способности воспроизводить конструкции произвольной формы в любом направлении на расстоянии 3,15 метров.

2. По мобильности принтеры делятся:

– на полностью мобильные 3D-принтеры, которые доставляются непосредственно на объект и занимают не более часа на установку и запуск системы. Он способен вращаться вокруг своей оси и печатать объект снаружи и внутри;

– мобильные 3D-принтеры, установка которых занимает несколько дней, чаще всего это порталные принтеры или принтеры, которые могут перемещаться по строительной площадке за счет использования гусеничного шасси вместо жесткого стационарного основания;

– немобильные. К ним относится большая часть строительных 3D-принтеров. Их используют для создания фрагментов здания или сооружения, либо на возведение всего сооружения в целом, где они покрывают весь рабочий объем будущего здания.

3. По объектам печати их подразделяют:

– на принтеры, печатающие стройматериалы. Способность печатать кирпичи одинаковой формы и количества, благодаря чему снижается количество рабочих и уменьшаются отходы. Например, в Голландии производят кирпичи уникальной формы Polybricks, изготовленные из керамики;

– принтеры, печатающие отдельные конструкции. Например, компания Winsun спроектировала принтер высотой 6,6 м, 10 м в ширину и 40 м в длину [6]. Такие принтеры способны напечатать цельные блоки здания, которые на месте укрепляются арматурой и теплоизоляционными материалами;

– принтеры, печатающие здание целиком.

В настоящее время в технологии по использованию 3D-печати в строительстве существует три метода:

1. Метод послойного экструдирования. Основной метод, применяемый в строительстве.

В центре строительной площадки размещают 3D-принтер, который перемещается по рельсам около объекта. Материалом для принтера является бетонная смесь, которая выдавливается из сопла и слой за слоем формирует заданную конструкцию, по ходу добавляя проводку и сантехнику. Поэтапно производятся конструкции: фундамент, стены и сам каркас возводимого здания. Многослойная печать повышает прочность и гладкость конструкции.

2. Метод спекания (селективного спекания).

Сущность технологии заключается в расплавлении рабочей смеси, материалом для которой служит песок. Плавление происходит при помощи лазера или солнечного луча.

3. Метод напыления.

При таком методе из рабочего сопла выходит струя песка, которая смешивается с клеящим составом и образует объем в заданной точке.

Методы спекания и напыления относятся к экологически безвредным технологиям, так как в качестве основного материала используется песок. Но эти методы не имеют широкого применения, так как они находятся на стадии разработки и исследования.

3D-печать является относительно новой технологией, которая получает быстрое развитие и набирает все большую популярность, так как имеет преимущества в сравнении с традиционными технологиями.

- Меньшие затраты.

Технология 3D-печати позволяет экономить до 60 % строительных материалов и 50–80 % рабочей силы, что повышает эффективность работы и помогает снизить затраты.

- Является экологически чистой технологией.

3D-печать значительно сокращает количество отходов, создаваемых в производстве. Многие материалы, используемые для печати объектов, могут быть изготовлены из переработанного материала, а созданные конструкции также могут быть переработаны.

- Быстрый срок поставки материалов.

В строительстве, где задержки конструкции могут быть весьма разрушительны, печатание 3D способно ускорить срок поставки. Работая в режиме 24/7 и уменьшая локальные сбои и, следовательно, задержки, 3D-принтеры могут сократить время строительства на 50–70 %.

- Гибкость дизайна.

С помощью 3D-принтеров, архитекторы могут создавать криволинейные формы и изогнутые стены, которые обычным методом было бы невозможно осуществить.

Основными недостатками использования 3D-печати являются:

- уменьшение числа рабочих мест;
- трудоемкая транспортировка крупногабаритного принтера;
- хранение принтера на строительной площадке;
- не востребованность производителей традиционных материалов;
- недопустимость ошибки в цифровой модели.

В заключение отметим, что технология 3D-печати в строительстве все более распространяется и заменяет традиционные технологии. Она позволяет создавать массовое строительство быстровозводимого и относительно недорогого жилья, что поможет решить проблему жилплощади населения в странах третьего мира.

Передовые страны внедряют эту технологию на государственном уровне. В настоящее время технология 3D-печати в строительстве быстро развивается в Нидерландах, США, ОАЭ, Китае, Японии, Великобритании и Германии.

В России использование 3D-принтеров для строительства ведется не так активно без должной государственной поддержки. Данный факт можно объяснить преобладанием на ее территории суровых климатических условий, что требует решения более сложного комплекса задач, связанных с перспективой

создания и внедрения технологий 3D-строительства в инвестиционно-строительной сфере РФ.

### Список литературы

1. Квартальнов С.В., Макулов В.В. 3D-печать в строительстве / Науч. журн. «European science». – 2016.
2. 3D-аддитивные технологии в сфере строительства / В.С. Лесовик, Н.В. Чернышева, Е.С. Глаголев, М.Ю. Дребезгова, А.Э. Ермолаева // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства. – 2016. – С. 157–167.
3. Кудрявцева И.С., Месяченко А.А. 3D-принтеры в строительстве // Науч. вестн. Воронеж. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Инновации в строительстве. – 2016. – № 2. – С. 38–41.
4. Далинчук В.С., Власенко Д.А. Основные аспекты печати домов с помощью 3D-принтера // Инновационное развитие. – 2016. – № 2 (2). – С. 6–13.
5. Henke K., Talke D., Winter S. Additive manufacturing of building elements by extrusion of wood concrete. WCTE 2016 – World Conference on Timber Engineering. 2016. Code 124667
6. Ивасюта А.В., Иванов Н.А. Перспективы использования технологии 3D-печати при строительстве зданий и сооружений // Научное обозрение. – 2016. – № 9. – С. 53–55.

Получено 14.02.2020

1. **Микова Марина Николаевна** – студентка, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mikovamarina30@gmail.com.

2. **Безгодов Михаил Александрович** – старший преподаватель, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: t32375@mail.ru.