

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ПРИНТЕРА В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Манюкевич А.А.

*Научный руководитель – Шиян О.В.*

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

В наши дни 3D-принтеры стали незаменимым инструментом в самых разных сферах человеческой деятельности, включая строительство. Благодаря своим уникальным возможностям они используются как на этапе проектирования, так и непосредственно в процессе возведения зданий.

Первое упоминание запатентованного 3D-принтера датируется 1971 г., когда Йоханнес Ф. Готвальд зарегистрировал прототип для печати расплавленным металлом. В 1980-е гг. развитие технологий 3D-печати активизировалось: одновременно несколько ученых проводили разработки в этом направлении – в 1981 г. доктор Кодама представил послойный метод производства, в 1984 г. Ч. Халл запатентовал изобретение, под названием «Аппарат для создания трехмерных объектов с помощью стереолитографии», в 1988 г. К. Декард разработал технологию, спекающую крупички порошка с помощью лазера [1].

Стремительное развитие данной отрасли произошло в 1990-х гг.: в это время были разработаны основные технологии печати, заложены основы программных инструментов для 3D-моделирования. На сегодняшний день технология 3D-печати внедрена в машиностроение, медицину, судостроение, ювелирную промышленность, энергетику и пр.. Несмотря на то, что данное направление появилось в 1980-х гг., в строительную отрасль было внедрено значительно позже. Первые реализованные проекты появились в середине 2010-х гг.: в 2014 г. были созданы малые архитектурные формы, такие как скамейки, клумбы и элементы ограждений, напечатанные на 3D-принтере. Дальнейшее развитие данной технологии позволило интегрировать ее в различные этапы проектирования и строительства. На сегодняшний день 3D-принтер применяется для создания макетов, изготовления элементов декора и фасадов здания, малых архитектурных форм, опалубки для строительных работ, печати целых зданий и сооружений или составных деталей. Такое широкое применение стало возможно благодаря ряду преимуществ:

- выявлению ошибок на ранних стадиях;
- наглядной демонстрации проектных решений;
- сокращению сроков отдельных этапов производства;
- созданию больших по размеру макетов или отдельных мелких деталей

в нем и т. д.;

- относительно низкой стоимости в сравнении с ручным методом изготовления;

- высокой степени детализации изделий;

- возможностью создания сложных геометрических форм [2].

Но, несмотря на множество положительных сторон на сегодняшний день использование 3D-печати имеет и ряд недостатков:

- ограничения в размерах элементов и используемых материалах (не все проекты могут быть реализованы с использованием определенной технологии);

- потребность в специализированных знаниях в области информатики и компьютерного 3D-моделирования [3].

Одной из основных областей применения 3D-принтеров в проектировании является **создание макетов объектов**. Данная технология применяется при формировании новых объектов, реконструкции существующих, а также в учебном моделировании (Рис. 1 а, б, в). Широкое распространение 3D-принтеров стало возможным благодаря их способности создавать детализированные и точные модели зданий и сооружений, а также сокращению времени изготовления модели, уменьшению средств, затраченных на их реализацию и обеспечению более высокого качества исполнения по сравнению с традиционными методами.



Другим активно развивающимся направлением применения 3D-принтеров стало **строительство малоэтажных жилых домов**. Основным материалом для возведения подобных зданий является бетон или цементная смесь. Одним из первых напечатанных объектов стал коттедж в Подмосковье в России, реализованный в 2015 г. российским стартапом «Apis Cor» (Рис. 2). Жилой дом включает такие помещения как кухня, жилая комната, прихожая, санитарный узел и коридор. Его общая площадь составила около 37 м<sup>2</sup>. По

завершении печати объект был выставлен на промышленной площадке в Ступине. Несмотря на скорость возведения здания и относительно низкую стоимость его строительства, широкого распространения данная практика в России не получила.



Рисунок 2. Напечатанный на 3D-принтере дом, Россия

Но не только бетон или цементная смесь могут служить материалом для изготовления напечатанных зданий. Исходным сырьем может быть 3D-пластик, углеродное волокно, стекло и другие материалы. К примеру, земляной дом, реализованный на 3D принтере в Равенне, Италия (Рис. 3). Внутри объема расположено жилое помещение, кухня и спальня. Особенностью данного объекта, является соединение древнейшего строительного материала – глины, и современных технологий 3D печати [4, 5].



Рисунок 3. Земляной дом, Италия

Несмотря на то, что строительство малоэтажных домов с использованием 3D-принтеров является относительно новым направлением, оно уже активно развивается во многих странах, включая США и Западную Европу.

Особо стоит выделить реализацию проекта комплексной застройки «Wolf Ranch» (Рис. 4), расположенного в г. Остин, штат Техас. Впервые технология 3D-печати была применена для создания целого поселения. Данный проект был представлен в июле 2022 г. компаниями «Lennar» и «Icon», а к середине 2023 г. реализовано 6 домов из запланированных 100. На сегодняшний день строительство продолжается, но точное количество возведенных домов застройщик не разглашает.

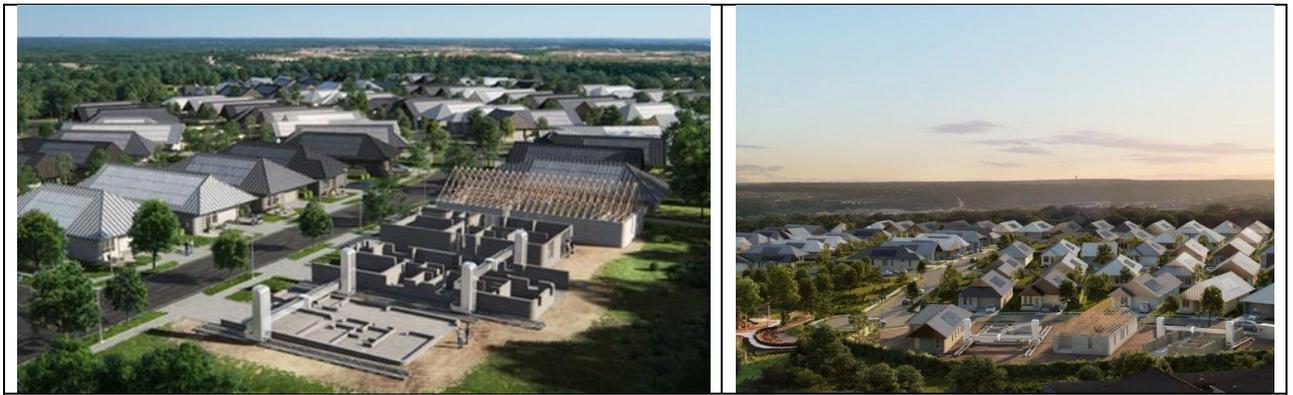


Рисунок 4. Поселок «Wolf Ranch», США

Широкое применение 3D-принтера получило при строительстве общественных объектов. С помощью данной технологии возведены: павильон «Future Foundation» в ОАЭ (Рис. 5), здание муниципалитета в Дубаи (Рис. 6.), которое стало самым большим напечатанным сооружением [6].



Рисунок 5. Офис «Dubai Future Foundation», ОАЭ



Рисунок 6. Офис муниципалитета, ОАЭ



Рисунок 7. Павильон «SOM-designed», США



Рисунок 8. Небоскреб «Pod Skyscraper», Япония

В ряде случаев объекты, реализованные с помощью 3D-принтера, не только выполняют свои основные функции, но также могут выступать в качестве источников энергии. К примеру, павильон «SOM-designed» в США (Рис. 7) генерирует электричество и делится им с автотранспортом. Это достигается благодаря установке солнечных панелей на крыше, которые питают батарею под объектом [7].

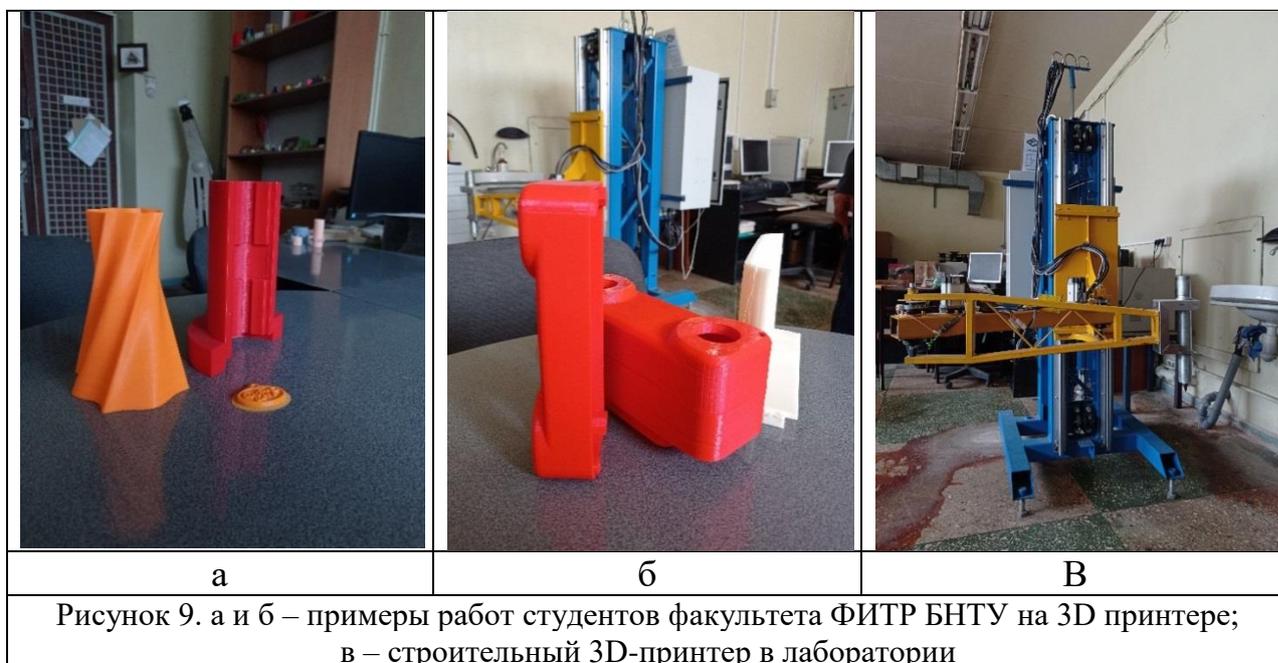
Необычным проектом с использованием 3D-принтера является «Pod Skyscraper» (Рис. 8) в Токио, Япония. Предложенная автором концепция небоскреба предполагает непрерывное строительство. Объект включает несущий каркас с пустыми ячейками, которые заполняются модулями, напечатанными на 3D-принтере, по мере заселения новых жильцов. [8].

В Республике Беларусь 3D-печать начинает активно развиваться в строительной отрасли, но ее применение сталкивается с рядом технических и экономических проблем. В республике активно исследуются технологические решения использования 3D-печати в строительстве, включая применение цементного тяжелого мелкозернистого бетона как основного материала. На сегодняшний день есть трудности с оборудованием стройплощадки, так как существует большая разница между возведением классическим способом и 3D-строительством, обслуживанием данной технологии, а также ее финансированием. Несмотря на некоторые трудности, инженер-конструктор Солигорского Института проблем ресурсосбережения Черкасов Н. разработал 3D-принтер, который может напечатать

одноэтажный дом за 15 часов, используя отечественные материалы и технологии. Отличие данного принтера от уже имеющихся состоит в наличии автоматизированного армировщика [9].

Помимо этого, в нашей стране разрабатывается собственное программное обеспечение для работы с 3D-моделированием, ведется обучение в ВУЗах. К примеру в БНТУ на факультете информационных технологий и робототехники (ФИТР) студенты изучают основы 3D-моделирования и работают непосредственно с принтерами (Рис. 9 а, б, в.).

Как и во всем мире, 3D-печать в Беларуси имеет большой потенциал. 3D-принтер стал незаменимым инструментом при проектировании и строительстве, но из-за дорогого оборудования и его обслуживания и ряда других технических причин, повсеместно использование их на стройплощадках невозможно. На сегодняшний день, данная технология может быть эффективно использована в малоэтажном строительстве и для срочного строительства временного жилья.



### *Литература*

1. Смирнова А. Первый в мире: история первого 3D-принтера и развития 3D-печати [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://top3dshop.ru/blog/istorija-pervogo-3d-printera.html> – Дата доступа: 10.06.2024
2. Касулу Качана. Преимущества аддитивного производства (3d-печать) в архитектуре // Инновации и инвестиции. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-additivnogo-proizvodstva-3d-pechat-v-arhitekture> – Дата доступа: 10.06.2024
3. Ли Лулу/ Строительные 3d-принтеры и их преимущества, и недостатки // Экономика и социум. 2023. №10 (113)-1. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelnye-3d-printery-i-ih-preimuschestva-i-nedostatki> – Дата доступа: 10.06.2024

4. Измайлова А. Дом ТЕСЛА в Болонье напечатан на 3D-принтере из местной глины [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://archi.ru/news/92348/dom-tecla-v-bolone-napechatan-na-d-printere-iz-mestnoi-gliny>– Дата доступа: 10.06.2024

5. Brewer J. This is the first house to be 3D printed from raw earth [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.itsnicethat.com/news/tecla-house-mario-cucinella-wasp-architecture-270421>– Дата доступа: 10.06.2024

6. Измайлова А. В Дубае появилось самое большое в мире здание, напечатанное с помощью 3D-принтера [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://archi.ru/news/85248/-v-dubae-poyavilos-samoe-bolshoe-v-mire-zdanie-napechatannoe-s-romoschyu-d-printera>– Дата доступа: 10.06.2024

7. Matroos J. The next generation in off-the-grid living [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.designindaba.com/articles/creative-work/ame-next-generation-grid-living> – Дата доступа: 10.06.2024

8. Grozdanic L. Gigantic «vending machine» skyscraper dispenses 3D-printed homes in Токуо [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://inhabitat.com/gigantic-vending-machine-skyscraper-dispenses-homes-in-crowded-tokyo/>– Дата доступа: 10.06.2024

9. Иванова К. Уникальный 3D-принтер разработал инженер в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belarus.kp.ru/online/news/5674519/> Дата доступа: 10.06.2024