

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: СТРОИТЕЛЬСТВО С ПОМОЩЬЮ 3D ПРИНТЕРА

КАШИРИПУР М.М.¹, ГАРАГОЗОВ С.Б.²

¹ кандидат архитектуры, доцент кафедры «Строительные материалы и технология строительства»

² студент специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Технология 3D-печати зданий – это новая технология строительства, начавшаяся с изобретением 3D-принтера. В статье представлена новая технология 3D-печати зданий для устойчивых домов будущего, с указанием на Contour Crafting (от англ. «Контурное строительство») как на перспективную технику, которая может произвести революцию в строительной отрасли в ближайшем будущем. Эта технология имеет множество преимуществ, таких как сокращение затрат и времени, минимизация загрязнения окружающей среды, снижение смертности на строительных площадках. Несмотря на многочисленные преимущества и выгоды этой новой технологии, у нас, конечно же, есть некоторые опасения, которые кратко изложены в выводах, поскольку технология все еще имеет много ограничений.

Ключевые слова: строительство, многослойная печать, 3D печать, контурное строительство, будущие дома.

NEW TRENDS AND INNOVATIONS IN CONSTRUCTION: BUILDING WITH A 3D PRINTER

KASHIRIPOOR M.M.¹, GARAGOZOV S.B.²

¹ PhD of Architecture, Associate Professor, Department of "Building Materials and construction Technology"

² student of specialty 1-70 02 01 "Industrial and civil engineering"
Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

3D printed building technology is a new construction technology that began with the invention of the 3D printer. The article presents a new technology of 3D printing buildings for sustainable homes of the future, pointing to Contour Crafting as a promising technique that could revolutionize the construction industry in the near future. This technology has many benefits, such as reducing costs and time, minimizing pollution, and reducing deaths on construction sites. Despite the many benefits and advantages of this new technology, we certainly have some concerns, which are summarized in the conclusions, as the technology still has many limitations.

Keywords: construction, multilayer printing, 3D printing, contour construction, future homes.

ВВЕДЕНИЕ

Современные инновационные 3D-технологии развиваются достаточно быстро, и все больше внедряются в различные сферы деятельности человека. В последнее время значительное внимание уделяется такой разновидности 3D-технологий, как печать объектов на 3D-принтере. Процесс 3D-печати основан на методе послойного нанесения материалов на основе цифровой модели. Все процессы печати требуют совместной работы программного обеспечения,

оборудования и материалов. Первый 3D-принтер был изобретен в 1983 году Чарльзом У., и за последние десятилетия 3D-печать стала одной из самых быстроразвивающихся технологий в мире. 3D-печать также можно назвать "аддитивным производством", особенно когда речь идет о ее использовании в производственной сфере.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В декабре 2019 фирма Apis Cor, занимающаяся роботами для 3D печати объявила о завершении самого крупного в мире частного здания, напечатанного при помощи 3D-печати. Офисный блок, построенный в ОАЭ, представляет собой 9,5 метровой сооружение в высоту и площадью в 640 м². 3D-принтер Apis Cor перемещался по стройплощадке под открытым небом при помощи крана и возводил разные части конструкции. Проанализированы существующие технологические решения 3D-печати в строительстве, показаны их преимущества и недостатки, сформулированы проблемы развития технологии. Установлено, что основным материалом для 3D-печати является цементный тяжелый мелкозернистый бетон, в состав которого входят заполнитель размером не более 4 мм, минеральные добавки, микрофибра, противосадочные химические добавки и регуляторы сроков схватывания. Такие бетоны имеют среднюю плотность 2100...2200 кг/м³ и прочность при сжатии 25...50 МПа. Установлено, что неоптимальные реологические свойства смесей и отсутствие решений по повышению эксплуатационных свойств бетона не позволяют расширить функциональное назначение напечатанных элементов более ограждающих конструкций или несъемной опалубки и в полной мере реализовать потенциал 3D-печати. В этом и заключается главный положительный эффект от роботизации за счет повышения скорости и эффективности работы и снижения риска ошибок, вызванных человеческим фактором. Причем особую ценность промышленные роботы представляют на тех участках, которые связаны с тяжелыми или опасными для человека условиями работы.

✓ Инновационные примеры 3D печати <https://www.planradar.com/ru/3d-pechat-v-stroitelstve-v-chem-preimushchestva/>



Рисунок 1 - Офисное здание муниципалитета Дубая, ОАЭ
Источник: собственная разработка авторов на основании [1]

В декабре 2019 фирма Aris Cor, занимающаяся роботами для 3D печати объявила о завершении самого крупного в мире частного здания, напечатанного при помощи 3D-печати. Офисный блок, построенный в ОАЭ (Рисунок 1), представляет собой 9,5 метровое сооружение в высоту и площадью в 640 м². 3D-принтер Aris Cor перемещался по стройплощадке под открытым небом при помощи крана и возводил разные части конструкции (Рисунок 1).



Рисунок 2 - Офис будущего, ОАЭ

Источник: собственная разработка авторов на основании [1]

Еще одно впечатляющее здание в ОАЭ, созданное 3D-печатью — Офис будущего — уникальная, довольно большая, конструкция, в котором в настоящее время размещается временная штаб-квартира организации Дубайский фонд будущего (Рисунок 2). Для этого здания элементы создавались не на стройплощадке, и их напечатали за 17 дней, а само здание было собрано за 48 часов.



Рисунок 3 - Дома, созданные 3D-принтером компании ВинСун, Китай
Источник: собственная разработка авторов на основании [1]

Китайская компания 3D-печати WinSun также применила заводские 3D-принтеры для строительства жилых домов (Рисунок 4). Компания создала несколько проектов домов, в том числе и небольшое многоэтажное здание. Все детали конструкции можно быстро и дешево напечатать и потом быстро их собрать уже на стройплощадке. Компания подсчитала, что постройка-печать их пятиэтажного здания может стоить всего \$161,000.



Рисунок 4 - Двухэтажный особняк в Бекуме, Германия
Источник: собственная разработка авторов на основании [1]

Первый 3D-напечатанный жилой дом площадью около 80 квадратных метров — детище немецкой строительной компании PERI GmbH и архитектурно-дизайнерским бюро MENSE-KORTE ingenieure+architekten. Чтобы напечатать один квадратный метр двойной обшивки стены за 5 минут, использовали 3D-принтер BOD2. Здание представляет собой сооружение с трехслойными полыми стенами, заполненными изоляционной массой. Установка полых труб и соединений во время печати осуществлялась вручную (Рисунок 4).

✓ Преимущество и недостаток

Преимущество технологии заключается в скорости строительства. Скорость возведения 3d конструкции впечатляет; машина может построить за 24 часа жилой дом площадью 150 м². Нет необходимости в привлечении дополнительной рабочей силы, покупки или аренды специальной и дорогостоящей строительной техники, и оборудования. Перспективы для 3D строительства позволят возводить конструкции даже на территориях, где рельеф достаточно сложный. 3D принтер делает идеально ровные рабочие поверхности (стены, потолок, пол), даже фундамент и все элементы – несущие, опорные.

Недостатками являются сложность, а в некоторых случаях и невозможность строительства зданий с открытой планировкой и сложных архитектурных форм из-за необходимости создания поддерживающих конструкций, также пока не изобретена модель, которая бы позволяла серьезно экономить денежные средства: расход электроэнергии может огорчить. Кроме того, оборудование быстро приходит в негодность, требует дорогостоящего обслуживания и ремонта. Строительную площадку, как правило, придется очищать (особенно от попадающих в окружающий воздух частиц порошка).

ВЫВОДЫ

Как показали исследования, внедрение 3D-принтера может быть очень полезным для строительных компаний. Лучше всего, на данный момент, принтер проявляет себя в малоэтажном строительстве. Он также может быть эффективен в случаях необходимости срочного строительства временного жилья после стихийных бедствий. Среди существующих аналогов домов в малоэтажном строительстве, газобетон наиболее близок по ценовым и временным характеристикам 3D-принтера, что является оптимальным для сравнительного анализа. Сравнительный анализ показал, что для частного строительства использование данной технологии, с учетом аренды, может быть выгодно только с точки зрения сроков строительства, затраты останутся примерно такими же.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология строительной печати на 3D принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://specavia.pro/articls/2238/>. - Дата доступа: 25.03.2022.

2. Лунева Д.А., Кожевникова Е.О., Калошина С.В. Применение 3D печати в строительстве и перспективы ее развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-3d-pechati-v-stroitelstve-i-perspektivy-ee-razvitiya/viewer>. Дата доступа: 25.03.2022.

3. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Куй З. Т. Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве// Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 7 (118). С 863-876. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.863-876. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-tehnologicheskikh-resheniy-3d-pechati-v-stroitelstve/viewer>. – Дата доступа: 26.03.2022.

4. Аддитивные технологии – что это такое и где применяются. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2019/09/18/additivnye-tehnologii-_1320_-chto-eto-takoe-i-gde-primenyayutsya.aspx. – Дата доступа: 26.03.2022.

5. 3D-печать в строительстве: в чем преимущества? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.planradar.com/ru/3d-pechat-v-stroitelstve-v-chem-preimushchestva/>. – Дата доступа: 26.03.2022.
6. Чем полезен строительный 3D принтер? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroyka.ru/articles/chem-polezen-stroitelnyj-3d-printer>. – Дата доступа: 27.03.2022.
7. Малышева В.Л., Красимилова С.С. Возможности 3D принтера в строительстве // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - № 12-2. - 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/noveyshie-tehnologii-v-stroitelstve-3d-printer/viewer>. – Дата доступа: 27.03.2022.
8. Первый в мире офис, напечатанный на 3D принтере. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.architime.ru/news/gensler/dubai_future_foundation.htm. – Дата доступа: 26.03.2022.
9. Спецавиа. Первый опыт печати зданий на 3D принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blogs/specavia/first-experience-printing-on-building-a-3d-printer>. – Дата доступа: 27.03.2022.
10. 3D-печать в строительстве: как это работает, технологии и 3D-принтеры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://top3dshop.ru/blog/3d-printing-of-buildings-technologies-and-3d-printers.html>. – Дата доступа: 27.03.2022.

REFERENCES

1. 3D printer construction printing technology [Electronic resource]. - Access mode: <https://specavia.pro/articls/2238/>. - Access date: 25.03.2022.
2. Luneva D.A., Kozhevnikova E.O., Kaloshina S.V. Possible applications of 3D-printing in construction and the prospects for its development. [Electronic resource]. - Mode of access: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-3d-pechaty-v-stroitelstve-i-perspektivy-ee-razvitiya/viewer>. Date of access: 25.03.2022.
3. Inozemtsev A.S., Korolev E.V., Quy Z. T. Analysis of existing technological solutions of 3D-printing in construction // Vestnik MGSU. 2018. T. 13. Issue. 7 (118). С 863-876. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.863-876. [Electronic resource]. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sushestvuyuschih-tehnologicheskikh-resheniy-3d-pechaty-v-stroitelstve/viewer>. - Access date: 26.03.2022.
4. Additive technologies - what they are and where they are applied. [Electronic resource]. - Access mode: <https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2019/09/18/additivnye-tehnologii-1320-chto-eto-takoe-i-gde-primenyayutsya.aspx>. - Date of access: 26.03.2022.
5. 3D-printing in construction: what are the advantages? [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.planradar.com/ru/3d-pechat-v-stroitelstve-v-chem-preimushchestva/>. - Date of access: 26.03.2022.
6. What is the usefulness of construction 3D printer? [Electronic resource]. - Access mode: <https://stroyka.ru/articles/chem-polezen-stroitelnyj-3d-printer>. - Date of access: 27.03.2022.
7. Malysheva V.L., Krasimirova S.S. Possibilities of 3D printer in construction // Actual problems of humanities and natural sciences. - № 12-2. - 2013. [Electronic resource]. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/noveyshie-tehnologii-v-stroitelstve-3d-printer/viewer> - Date of access: 27.03.2022.
8. The world's first office printed on a 3D printer/ URL: https://www.architime.ru/news/gensler/dubai_future_foundation.htm
9. Spetsavia. The first experience of printing buildings on a 3D printer [Electronic resource]. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/specavia/first-experience-printing-on-building-a-3d-printer/>
10. 3D printing in construction: how it works, technologies and 3D printers. [Electronic resource]. - Access mode: URL: <https://top3dshop.ru/blog/3d-printing-of-buildings-technologies-and-3d-printers.html>. - Access date: 27.03.2022.