

**АРХИТЕКТУРА І БУДІВНИЦТВО /
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО**

*Анастасія Кройтор, Елена Сидоренко
(Кишинёв, Молдова)*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В БЕТОННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Бетон имеет огромное значение для строительной сферы, так как при помощи этого раствора можно создавать прочные и долговечные дома. Для ускорения строительства всё чаще используют 3D-принтер. Такие принтеры могут напечатать здание как целиком, так и по частям.

Ключевые слова: бетон, строительство, 3D-печать, технологии, будущее.

Concrete is of great importance for the construction industry, since with this solution you can create strong and durable houses. To speed up construction, 3D printers are increasingly being used. Such printers can print a building as a whole or in parts.

Keywords: concrete, construction, 3D printing, technology, future.

Бетон является одним из самых востребованных материалов в мире после воды. Ежегодно в мире изготавливают где-то 6 миллиардов кубометров этого стройматериала. Если учесть, что количество земель примерно такое же, тогда выходит, что каждый год на одного жителя планеты приходится около 1 м³ выпущенного бетона. Бетон имеет свою историю и много интересных фактов, которые были выявлены за все существования бетона.

Широкая сфера использования объясняется его преимуществами как: хорошая эксплуатация при разных климатических условиях и устойчивость перед влагой, высокий уровень морозоустойчивости, минимальные расходы на приобретение материала, возможность получения проектов отличающихся архитектурной изысканностью, простота и оперативность возведения. Бетон является наиболее востребованным материалом в мире. Благодаря светлой окраске бетон отражает свет на 33-50 % больше чем асфальт. Благодаря этому городским властям Атланты удалось понизить среднесуточную температуру в городе на 4 °С. Десятилетние исследования улиц, проводившиеся в середине 1980-х гг. в штате Канзас, показали, что затраты на поддержание асфальтовых покрытий в сравнении с бетонными в девять раз выше.

3D-печать зданий становится реальностью в быстро развивающейся строительной индустрии.

Принцип работы заключается в экструзии (выдавливании) бетона, слой за слоем, по заданной трехмерной компьютерной модели. С помощью комплекса подготовки и подачи строительной смеси, бетон смешивается с водой и другими добавками и закачивается в шланг. Шланг подсоединен к головке принтера. Под давлением насоса бетон подается к головке принтера, смесь выходит из сопла принтера и наносится на поверхность площадки или предыдущие напечатанные слои. Бетонные смеси позволяют печатать элементы различной сложности и размера – от малых архитектурных форм, типа клумб и скамеек, до целых зданий, мостов и даже небоскребов, потому и принтеры отличаются не только устройством, но и масштабами.



Рис. 1. Delta принтер [2]

Объединённые Арабские Эмираты отметились в Книге рекордов Гиннеса –за самое большое на планете здание, созданное с помощью технологии 3D-печати. Рекордное здание имеет высоту 9,5 метра и общую площадь 640 квадратных метров. Как сообщается, на его возведение потребовалось вдвое меньше рабочих, чем обычно. Кроме того, количество отходов было снижено на 60% в сравнении с традиционной стройкой. На столько же сократились и общие затраты на возведение. По словам экспертов, напечатанное здание соответствует всем строительным стандартам. Давуд аль-Хаджри заявил, что они намерены сделать Дубай мировой столицей в области использования 3D-печати для строительства зданий.[3]



Рис. 2. Самое большое здание, напечатанное на 3D-принтере[3]

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.

Для этого здания элементы напечатали за 17 дней, а само здание было собрано за 48 часов. [5]

3D-печать позволяет создавать новые формы. Благодаря аддитивному производству архитекторы больше не ограничены абстрактными формами офисных зданий, и новые офисы

в Дубае доказали это. Они изготовили новые футуристические конструкции, которые собрали всего за 17 дней 17 профессионалов. Они оснащены энергосберегающими устройствами, что очень экономично. А ведь использование 3D-печати для строительства уже позволило сократить трудозатраты на 50%! Использование аддитивного производства позволило значительно снизить затраты и было намного быстрее, чем традиционный процесс строительства.



Рис. 3. Офис будущего ОАЭ [5]



Рис. 4. Офисное здание, напечатанное на 3D-принтере [5]

Плюсы и минусы 3D-печати в строительстве

Плюсы технологии:

- ✓ Низкая стоимость. С распространением технологии стоимость 3D-печатных зданий в ближайшем будущем, ожидается быть ниже чем сейчас.
- ✓ Персонал: Снижение количества персонала, задействованного в строительстве, на 50-80%, что приводит к снижению трудозатрат на строительство 3D-печатных объектов, ведь участие людей нужно только для обслуживания машин, проведения коммуникаций и сборки конструкций.
- ✓ Сокращается время на строительство. При строительстве на готовом фундаменте, возведение стен может происходить в считанные сутки. Самая затратная часть по времени –

это постройка крыши, проведение коммуникаций и внутренняя отделка. Для сравнения: щитовые дома, самые быстрые из традиционных, ведущими производителями ставятся в сроки от месяца.

✓ Чистота: В процессе строительства не образуется строительный мусор, требующий вывоза со строительной площадки и утилизации. Традиционное строительство оставляет после себя тонны отходов – обрезки материалов, куски бетона, строительные леса и загрязненные опалубки. 3D-печать зданий оставляет намного меньше мусора и, более того, может использовать переработанные отходы в качестве составляющих бетонной смеси.

✓ Простота: Технология позволяет существенно сократить затраты на строительство зданий с уникальной архитектурой. Возможности 3D-принтера не ограничены прямолинейными формами. Разработчикам доступны практически любые геометрические формы, а строительство необычных объектов занимает не намного больше времени, чем постройка традиционных домов.

✓ Экономия: Из процесса строительства исключаются некоторые виды материалов, логистика и трудозатраты по ним. К ним относятся, например, опалубка и бетонные плиты. 3D-печать зданий сразу на фундаменте решает эту проблему.

Минусы технологии:

✓ Высокая цена 3D-принтера. Она может достигать 2,5 млн. долларов. Для небольших организаций и временных проектов такая стоимость может быть неподъемной. Проблема решается арендой оборудования, как в Китае, где компания WINSUN, сдает строительные 3D-принтеры в аренду, либо заказом печати у специализированной компании. Также можно приобрести строительный 3D-принтер в лизинг.

✓ Чувствительность к внешним условиям. Печатать нельзя при неблагоприятных погодных условиях. В холодное время вокруг стройки обычно устанавливают купол, для поддержания уровня температуры и влажности, защиты от осадков и ветра. Это требует отдельных затрат.

✓ Отсутствуют единые стандарты, взаимозаменяемость расходных материалов (это, скорее всего, проблема временная).

✓ Арматура, коммуникации и перекрытия пока устанавливаются вручную.

✓ Слоистая поверхность стен, которая требует отделки, если требуются ровные стены – выравнивания, оштукатуривания или применения облицовочных материалов.

В заключение

Строительная 3D-печать – одно из самых перспективных направлений в области возведения всевозможных сооружений. Ее применение сулит коммерческие выгоды, основанные на меньшем количестве необходимого персонала и сокращении затрат на материалы; социальные преимущества – в связи с возможностью быстрой постройки недорогого жилья для малоимущих и пострадавших при стихийных бедствиях; репутационные бонусы – более экологичное строительство с уменьшенными энергопотреблением и количеством отходов.

ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА

1. Ieremia M., Sidorencu E., Gînju S., Analiza numerică neliniară a structurilor. Vol.II Modelarea răspunsului structural. Ed. CONSPRESS, București, România, 2006, 341p., ISBN 973-7797-37-X.

2. URL: <https://4teller.com/tehnologiya-stroitelstva-domov-s-pomoshchyu-3d-printerov-stanet-privychnoy-i-rasprostranennoy>

3. URL: https://s0.rbk.ru/v6_top_pics/ampresize/media/img/6/34/755770911416346.jpg

4. URL: <https://bsrbest.com/blog/tehnologiya-3d-pechati-iz-betona-i-ee-vozmozhnosti-na-segodnyashniy-den/>

5. URL: <https://inhabitat.com/dubai-debuts-worlds-first-fully-3d-printed-building/>

6. URL: <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/applications-of-3d-printing/construction-and-architecture/>