

3D-ПЕЧАТНЫЕ ДОМА

Быкова А.А., *гр. А–227т*

*Научный руководитель – Малашенкова В.А., доцент (кафедра
Архитектуры зданий и сооружений, ОГАСА)*

Аннотация. В данной статье рассматриваются примеры зданий инновационной технологии строительства – печати на 3D-принтере.

Актуальность. 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, в которой используется метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. 3D-принтеры применяются во многих отраслях промышленности: медицине, машиностроении, литейном производстве, радиотехнике и электронике. Их основными преимуществами являются создание объектов с высокой точностью и скоростью без использования ручного труда, а также возможность создания предметов и конструкций по 3D-модели. Строительная область не стала исключением в отношении применения 3D-печати. В настоящее время существуют технологии и устройства для печати как малых архитектурных форм, так и зданий в целом.

Основной текст. На сегодняшний день строительные технологии непрерывно развиваются. В основном преобразования направлены на сокращение сроков строительства, увеличение периода эксплуатации конструкций, экономию трудовых затрат и рабочей силы, а также извлечение большей экономической выгоды. Немало внимания отводится обеспечению сохранности окружающей среды и повышению безопасности жизнедеятельности на самом производстве.

Новой в сфере строительства является технология 3D-печати. С ее помощью появилась возможность не только создания различных архитектурных конструкций, но и возведения целых зданий и сооружений.

3D-печать относится к аддитивному производству, иными словами, технология подразумевает создание объектов путем нанесения последовательных слоев материала [1].

Строительная 3D-печать переживает подъем: проводятся смелые эксперименты, появляется все более прогрессивное мобильное и

стационарное 3D-оборудование. Постепенно увеличивается спрос на строительный 3D-бетон. Отдельные города об амбициозном переходе объявляют к новым принципам застройки.

Одна из причин роста популярности строительной 3D-печати – экономия временных и финансовых затрат. Имея под рукой аппарат для 3D-печати, можно существенно сократить скорость возведения здания, расход строительного материала и затраты на логистику, а также обойтись без большого числа рабочих рук – достаточно иметь операторов, отвечающих за эксплуатацию 3D-принтера.

Вторая причина – широкие возможности для дизайнерских решений. Здания, возведенные с помощью 3D-принтера, нередко настолько отличаются от традиционных квадратных коробок, что впору задуматься – кто заставил человека из всего многообразия архитектурных решений выбрать именно царство четырех углов [2]?

Китайская компания **Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co** в июне 2014 представила дома, построенные с помощью техники 3D-печати в промышленном парке в китайской провинции Цзянсу. Всего было создано десять домов, каждый из которых стоил немногим больше трех тысяч фунтов стерлингов (рис. 1). За последовавшие десять месяцев технология была усовершенствована, и компания изготовила для выставки несколько разнотипных зданий, самое высокое из которых насчитывает пять этажей [3].

Отличный пример использования технологии трехмерной печати – это строительство американцем Андреем Руденко и его компанией **Totalkustom** **небольшого бетонного «замка»**, используя большой 3D-принтер собственного



Рис. 1. Один из построенных на 3D-принтере домов компании Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co, июнь 2014 г.



Рис. 2. 3D-печатный замок компании Totalkustom, август 2014 г.

изготовления в августе 2014 г. (рис. 2).

Над этим 3D-печатным замком Руденко трудился в течение 2-х лет. Сначала он разработал небольшой 3D-принтер, который печатает пластиком. Затем через некоторое время он модернизировал устройство для печати бетоном. По словам Руденко, его 3D-принтер представляет собой экструдер бетона, который выдавливает материал с образованием очень тонких высококачественных слоев. Машина управляется компьютером на базе микроконтроллера Arduino Mega 2560 и способна печатать непосредственно из CAD-файлов с помощью программных средств для управления печатью.

Строительство замка заняло в общей сложности 2 месяца. 3D-принтер выталкивает полосы бетона размером 10ммх30мм, наслаивая их друг на друга. Скорость печати машины составляла 50см за 8 часов. Основная часть замка размерами 3мх5м и 3,5м в высоту, была напечатана как единое целое, а башни были напечатаны отдельно [4].

На Филиппинах есть особая **гостиница «Льюис Гранд Отель»**, в которой имеются гостиничные номера, напечатанные посредством аддитивной технологии (рис. 3). В сентябре 2015 г. Льюис Якич (владелец отеля) и компания Totalkustom Андрея Руденко (опытный специалист по 3D-печати) работали вместе для реализации уникального проекта. Необычный номер состоит из двух спален, гостиной и джакузи (которое, кстати, также было напечатано на 3D-принтере).



Рис. 3. Гостиница «Льюис Гранд Отель», сентябрь 2015 г.

Для печати номера потребовалось около 100 часов. Во время строительства принтер периодически останавливали, чтобы проложить водопровод и электричество. Общее время возведения номера площадью 1500 квадратных футов – неделя. Для его проектирования потребовалось намного больше времени, чем на фактическое строительство [5].

Пожалуй, самое известное строение, созданное с помощью 3D-печати, называется **«Офис будущего»** и располагается в Дубае (рис. 4). Оно было построено в мае 2016 г. по специальной программе Правительства ОАЭ. По заявлениям руководства страны, это первое в



Рис. 4. «Офис будущего» в Дубае, май 2016 г.

мире здание, полностью созданное на 3D-принтере.

Процесс строительства офиса занял 17 дней и стоил \$140 000. Части 3D-дома были напечатаны на заводах китайской компании WinSun и отправлены в Дубай, где произошла окончательная сборка. В офисе провели все необходимые коммуникации, включая электроэнергию, водоснабжение и интернет.

По словам пресс-службы, сборкой и отделкой здания занимались 17 человек, включая электриков и других специалистов. Это позволило сократить расходы на оплату труда на 50%.

В настоящее время «Офис будущего» эксплуатируется фондом Future Foundation, но также используется для проведения выставок, мероприятий и конференций [6].

И очередной проект от **Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co.** В 2016 г. инженеры компании презентовали несколько великолепных **китайских вилл-двориков**, распечатанных на 3D-принтере (рис. 5). Дизайнеры этих строений вдохновлялись древними садами Сучжоу – одной из достопримечательностей Китая, внесенных в список наследия ЮНЕСКО.



Рис. 5. Китайская вилла-дворик компании Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co, 2016 г.

Всего было напечатано два дома площадью 130 и 80м². Каждый дворик имеет галерею, сад, окна, кровать, стены, 3D-печатные стулья и плитку. Удивительный факт – печатные домики подверглись воздействию не только современных китайских технологий, но и традиционной философии этой страны. Размеры, форма и даже расположение каждой детали, будь то скамейка или стол, подобраны на основе глобальных расчетов, призванных обеспечить максимальный уровень комфорта и покоя.

Зеленые стены были специально разработаны, чтобы добавить красок в ландшафт двора, и имеют компактные ниши для выращивания овощей и фруктов. Во внутреннем дворе предусмотрены колодцы и аквариумы для рыб, встроенные в автоматическую систему полива растений.

По данным WinSun, создание великолепия заняло два месяца, а стоимость составила 5000 юаней за м² (около \$750). При строительстве

использовался стационарный 3D-принтер собственного производства компании [6].

На площади Чезаре Беккариа в рамках Миланской недели дизайна установили небольшой дом, полностью напечатанный на 3D-принтере в ноябре 2018 г. Авторы проекта – **бюро CLS Architects и Arup** – продемонстрировали новаторскую идею строительства с безотходной технологией (рис. 6).

В доме площадью 100м² есть все необходимое для жизни: гостиная, спальня, кухня, ванная комната и даже небольшой сад на крыше. Изогнутые бетонные стены здесь выглядят как стильное дизайнерское решение и прекрасно гармонируют с изящными латунными элементами в интерьере. Дом состоит из 35 модулей, каждый из которых был напечатан за 60–90 минут; полный дом был напечатан всего за 48 часов. Его легко можно разобрать и собрать снова, поэтому после фестиваля здание будет перенесено с площади на новое место [7].

Американская компания ICON совместно с благотворительной организацией **New Story** представили технологию дешёвой 3D-печати **жилых домов** в декабре 2019 г. (рис. 7). На возведение такого здания уходят всего сутки. Разработка ориентирована в первую очередь на страны с развивающейся экономикой, жители которых не могут позволить себе качественное жильё.

Возведение фасада здания осуществляется на разработанном компанией принтере Vulcan. Устройство печатает стены раствором бетона, сохраняющим форму по мере застывания. Подобная технология позволяет им не разрушаться. После возведения фасада строители устанавливают необходимую инфраструктуру, деревянную крышу и окна. На полное строительство дома с отделкой уходит от 12 до 24 часов, в зависимости от площади постройки, максимальные



Рис. 6. Дом, полностью напечатанный на 3D-принтере, бюро CLS Architects и Arup, ноябрь 2018г.



Рис. 7. Жилой дом Американской компании ICON и благотворительной организацией New Story, декабрь 2019г.

показатели которой составляют около 75м². Первый такой дом компания установила в американском городе Остин.

У этой разработки имеется ряд преимуществ, таких как относительная дешевизна, время строительства, а также возможность возводить дома в условиях с ограниченными ресурсами и суровыми климатическими условиями. К тому же стены здания имеют воздушную прослойку, сохраняющую тепло в холода. Ориентировочная цена строительства жилого помещения составляет 4000\$. В ближайшем будущем компания построит жилой квартал из 100 типовых домов в Сальвадоре [8].

Выводы и результаты. Следует отметить, что технология 3D-печати открывает новые возможности в строительстве, ведь она радикально меняет затраты и скорость возведения жилища. Инженеры и архитекторы могут производить гораздо более сложные структуры для своих конструкций, а небольшой дом можно будет возвести за рекордно короткие сроки и в любом месте. Не следует забывать, что как и любая инновация, строительная 3D-печать должна пройти проверку временем. Это вызов целой индустрии, которая имеет свой рынок и инфраструктуру. В заключении отметим, что технология строительства с помощью 3D печати имеет большой потенциал для развития и через десять лет 3D-печать домов станет для всех таким же привычным делом, как и строительство домов из кирпичей или блоков.

Литература:

1. Ракитин С.Ю., Илькубаев А.А. Формирование послойных контуров 3D-моделей для аддитивного производства. Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. Оренбург, 2016. С. 223–230.

2. <https://www.3dpulse.ru/news/stroitelstvo/10-zdaniinapechatannyh-na-3d-printere/>

3. <https://vc.ru/future/101777-17-realnyh-zdaniy-napechatannyh-na-3d-printere>

4. <https://www.vzavtra.net/stroitelnye-texnologii/3d-pechatnyj-zamok-postroennyj-na-zadnem-dvore-doma-predveshhaet-budushheearhitektury.html>

5. <https://make-3d.ru/news/top-5-proektov-po-betonnoj-3d-pechati/>

6. <https://www.3dpulse.ru/news/stroitelstvo/10-zdaniinapechatannyh-na-3d-printere/>

7. <https://www.admagazine.ru/architecture/dom-napechatannyj-na-3d-printere>

8. <https://tproger.ru/news/icon-house/>