А.С. КРОХМАЛЬ
Инженер, РГУ им. А.Н. Косыгина
e-mail: anna.krokhmal.00@mail.ru

A.S. KROKHMAL
Engineer, Kosygin Russian State University
e-mail: anna.krokhmal.00@mail.ru

Н.Ю. КАЗАКОВА
Доктор искусствоведения, и.о. заведующего кафедрой «Промышленный дизайн», РГУ им. А.Н. Косыгина
e-mail: contactdesign@mail.ru

N.U. KAZAKOVA
Doctor of Arts, Head of Industrial Design Department, Kosygin Russian State University
e-mail: contactdesign@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ В ФОРМИРОВАНИИ ОБРАЗА СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ

THE APPLICATION OF 3D PRINTING IN THE CREATION OF THE PUBLIC IMAGE OF MODERN URBAN AREAS

Статья посвящена изучению применения 3d-печати в формировании образа современных городских пространств. Актуальность выбранной темы связана с расширением границ возможностей 3d-печати и ее областей применения. В статье освещены плюсы и минусы данной технологии, а также был проведен обзор на самые современные сооружения, выполненные в данной методике.

The article is devoted to the research of various aspects of 3d printing usage in the creation of the image of contemporary urban areas. The problem is now becoming ever more relevant due to the constant growth of the opportunities provided by this technology and the increase in the number of its fields of application. The article scrutinizes advantages and disadvantages of the given method, as well as

analyzes the most recent constructions that have been erected while using this technology.

Ключевые слова: 3d принтер, 3d-печать, городское пространство, технология, инновационный метод, системы и структуры городских пространств, художественное проектирование.
Keywords: 3d-printer, urban area, technology, innovative method, systems and structures within urban areas, design.

В современном мире инновационные технологии воспринимаются как должное, но еще в совсем недавно они являлись неким недостижимым идеалом. На сегодняшний день технологии постоянно совершенствуются с целью улучшения качества жизни индивида.

Одну из главных ролей в развитии автоматизированной технологии производства сыграла разработка 3d принтера. Еще на стадии его проектирования подчеркивалось, что все последующее открытия будут так или иначе связаны с 3d принтером. На сегодняшний день 3d-печать стала неотъемлемой частью многих процессов и методов, входящих в сферу художественного проектирования. С каждым днем данная технология печати начинает применяться во все новых областях.

При использовании технологии 3d-печати в рамках городских пространств одним из главных материалов является бетон, его применение эффективно по таким параметрам, как скорость возведения конструкций и финансовая составляющая. Из-за сокращения времени на строительство эта технология менее энергозатратна, и количество отходов от производства минимально. Процесс печати регулируется с помощью компьютера и может создавать трехмерные формы любой сложности. Сам процесс состоит, в основном, из трех частей: подготовка данных, подбор материала и сама печать. Но при этом многие страны до сих пор предпочитают традиционные методы строительства. Но всякий раз, когда в результате природных катастроф, таких как ураган или землетрясение, разрушается инфраструктура или постройки, оставляя без крова тысячи людей, 3d-принтеры используются для быстрого восстановления мостов, автомагистралей и жилых домов.

Для более детального ознакомления с технологией крупномасштабной 3d-печати целесообразно рассмотреть плюсы и минусы данного метода.

Преимущества

+ Низкая вероятность погрешностей. Большая часть работы выполняется программным обеспечением и машинами, таким образом, существует меньшее количество ошибок и нежелательных результатов.

+ Более низкая стоимость. Стоимость первой 3d-технологии была на 20 % ниже, чем если бы это было сделано традиционными методами, также предполагается, что снижение затрат составит 25 % через 5 лет и до 40 % в течении 10–15 лет. Отчасти это связано с тем, что технологии становятся более совершенными.

+ Занимает малое количество времени.

+ Возможность использования различных материалов.

Недостатки

– В настоящее время осуществляется печать преимущественно стен зданий. Для изготовления всех иных структурных и функциональных элементов построек применяются иные технологии. На создание первого жилого дома методом 3d-печати потребовалось 54 часа непосредственно на печать, при этом еще четыре месяца ушло на то, чтобы его полностью отстроить.

– Высокие начальные инвестиции. Начальный капитал, необходимый для внедрения оборудования для 3d-печати в данной области, достаточно велик, поэтому компании часто сталкиваются с проблемой привлечения инвестиций в подобные проекты.

– Обучение. Нехватка квалифицированной рабочей силы также служит препятствием для реализации проекта, поскольку установка и обслуживание 3d-принтера на строительной площадке требуют определенных знаний, ознакомление персонала занимает определенное время, их обучают его правильной транспортировке и хранению, а также его эффективному использованию.

– Ограничение по максимальной высоте. Данная технология еще не позволяет строить очень высокие здания.

В 2019 году на 70 % вырос интерес к 3d-печати, в основном, из-за ее низкой стоимости и высокой эффективности. 3d-печать становится также практическим вариантом для вспомогательных жилищных проектов. Архитектурное сообщество давно работает с 3d-печатью, от использования технологии для предоставления жилью лицам без определенного место жительства до создания доступных, но технологически сложных структурных связей.

Китайская компания WinSun стала первой обладательницей собственной 3d-типографии, и в 2013 году компания смогла напечатать 10 домов за 24 часа. Этим домам, естественно. потребовалась сборка, учитывая то, что стены были напечатаны на заводе, и им, как минимум, требовалась транспортировка. Стартап-компания из Сан-Франциско Apis Core успешно построила резиденцию подобного рода за один день в 2018 году, стоимость процесса составила около 10 000 долларов США.

3d-печать также интенсивно используется для реализации государственных объектов, например, армейских казарм. Корпус морской пехоты США в сотрудничестве с архитектурной фирмой COM недавно создали первые в мире бетонные казармы с помощью 3d-печати. На тесте в августе 2018 года группа смогла напечатать казармы площадью 500 квадратных футов за 40 часов. SOM спроектировал стены, следуя «шевронному дизайну», который имеет преимущество в том, что делает их самонесущими, а также в 2,5 раза более прочными.

Правительство Дубаи разработало план, согласно которому четвертая часть новых зданий в городе должна быть напечатана в 3d-формате к 2025 году. Эта инициатива была создана для продвижения Объединенных Арабских Эмиратов и Дубая в качестве технологического центра для 3d-печати. Город стремится стать мировым лидером в области 3d-печати для гражданского строительства.

НАСА организовало конкурс для архитекторов и инженеров для большей их заинтересованности изучить альтернативы и возможности строительства жилых сооружений в космическом пространстве. Победитель разработал прототип для 3-печати высотой 3 метра, состоящий из биоразлагаемого и перерабатываемого базальта, полученного из природных материалов, найденных на Марсе. Одним из основных препятствий в колонизации Луны является стоимость транспортировки материала и (предполагаемая) сложность получения рабочих мест на местах. 3d-печать с использованием собственных материалов и управляемых компьютером роботов может устранить эти препятствия, создав таким образом структуры и даже системы охраны окружающей среды, обеспечивающие возможность существования людей.

2019 год ознаменовался строительством самого длинного в мире бетонного пешеходного моста с использованием 3d-печати в Шанхае. Мост разработан профессором Сюй Вейгуо из Университета Цинхуа (Школа архитектуры), его длина 26,3 метра (рис. 1). Профессор был вдохновлен древним мостом Анжи в Чжаосяне, Китай.



Рис. 1. 3d-печатный пешеходный бетонный мост в Шанхае

Структура с одной аркой была создана с использованием системы бетонной 3d-печати, разработанной командой профессора Сюй Вейгуо, которая объединяет цифровой дизайн, экономическую эффективность, интеллектуальные технологии и архитектурный динамизм. Ограждения моста шириной 3,6 метра имеют форму плавных лент на арке, создавая легкое и элегантное движение по пруду Шанхайской бухты мудрости.

Мост состоит из 44 выдолбленных бетонных блоков с трехмерной печатью, а поручни разделены на 68 единиц. Компоненты моста были напечатаны из композитных материалов, содержащих полиэтиленовый фибробетон, чтобы соответствовать структурным характеристикам обычных материалов.

Процесс проектирования включал построение физической модели моста в масштабе 1: 4, построенной для демонстрации и доказательства жизнеспособности системы. Для фактической постройки бетонные компоненты для моста были напечатаны двумя роботизированными руками в течение 450 часов. Оптимизированный процесс, по оценкам, обеспечил экономию в 33 %, по сравнению с более традиционным процессом строительства, в основном, благодаря устранению шаблонов и арматурных стержней.

Встроенная в мост система мониторинга в режиме реального времени предоставляет данные о напряжениях и деформациях вибрирующих проводов. Результаты позволят лучше понять практические характеристики новых бетонных материалов и структурные свойства 3d-печатных компонентов.



Рис. 2. 3d-печатный фасад Мюнхенского музея

Стоит также отметить, что в марте студия 3F (3F Studio) разработала 3d-печатный фасад, предназначенный для нового входа в музей в Мюнхене, Германия (рис. 2). 3F Studio представляет будущее, компания специализируется на применении 3d-печати в специализированных зданиях, таких как музеи, библиотеки, торговые центры или конференц-залы. Немецкий стартап, основанный Морицем Мунгенастом, Оливером Тессином и Люком Моррони, основан на исследовательском проекте Fluid Morphology, многофункционального полупрозрачного 3d-фасада, разработанного на кафедре архитектурного дизайна и ограждающих конструкций в Техническом университете Мюнхена (ТУМ).

3F Studio специализируется на перфективной архитектуре и дизайне. Процесс проектирования основывается на вычислениях и уже предусматривает важные функции, такие как: вентиляция, изоляция и затенение.

Один элемент фасада, размером примерно 1 х 1 м, поражает своей эстетикой и тонкой игрой со светом, который рассеянно освещает пространство. Внутри материала – удлиненные ячейки, обеспечивающие стабильность, и заполненные воздухом полости для оптимальной изоляции, а тонкие трубки циркулируют воздух для вентиляции. Волнообразная форма фасада также создает выпуклости, обеспечивающие тень, а микроструктурированная поверхность обеспечивает оптимальную акустику.

Визуально фасад представляет собой мягкую воздушную ткань, окутывающее здание. Подобно волнам воды, перекрывающаяся гофри-



Рис. 3. 3d-печатная инсталляция в Швейцарии

рованная поверхность чередуется между выпуклостями и отклонениями, меняясь по толщине, создавая волновую картину.

Участок фасада размером 1,6 х 2,8 м проходят испытания в главном здании TUM в Мюнхене, где в течение одного года датчики будут собирать данные, чтобы помочь архитекторам улучшить проект, прежде чем делать еще один прототип из поликарбоната.

Несмотря на активное применение 3d-печати в области строительства жилых зданий, стоит также заметить широкое применение данной технологии для облагораживания общественных пространств. Ярким примером служит инсталляция в Риом-Парсонц (нем. Riom-Parsonz), Швейцария. Инсталляция представляет первую роботизированную 3d-печатную бетонную сцену, состоящую из колонн, изготовленных без опалубки, напечатанных в полную высоту за 2,5 часа (рис. 3).

В сотрудничестве с фестивалем Origen в Риоме, Швейцария, установлены девять колонн высотой 2,7 м, каждая их них спроектирована индивидуально с помощью специального программного обеспечения; изготовлены с использованием нового роботизированного 3d-процесса печати, разработанного ETH Zurich при поддержке NCCR DFAB.

Студенты ETH Zurich, магистры углубленных исследований в области инновационных технологий и архитектуры, изучили уникальные возможности метода, известного как многослойная экструзионная печать, чтобы продемонстрировать потенциал вычислительного дизайна и цифрового изготовления для индустрии бетонного строительства. Чтобы обеспечить стратегическое использование материалов, бетонные конструкции остаются полыми, что обеспечивает более устойчивый подход к конкретной архитектуре. Кроме того, расчетная структура ма-

териала и текстуры поверхности являются примером универсальности и значительного эстетического потенциала 3d-печати бетона при использовании в крупномасштабных конструкциях.

Список литературы:

1. *Иванов В.П.* Трёхмерная компьютерная графика / под редакцией Г.М. Полищука. — Москва: Радио и связь, 1995. — 224 с.

2. *Кудашов Н.С., Соболева И.В.* Исследование работы и области применения 3D принтера // Юный ученый. — 2017. — № 2.2. — С. 58–61. — URL: https://moluch.ru/young/archive/11/829/ (дата обращения: 14.02.2020).

3. *Ли Дж., Уэр Б.* Трёхмерная графика и анимация. — 2-е изд. – Москва: Вильямс, 2002. — 640 с.

4. *Слюсар В.И.* Фаббер-технологии: сам себе конструктор и фабрикант // Конструктор. — 2002. — № 1. — С. 5–7.

5. *Слюсар В.И.* Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования // Электроника: наука, технология, бизнес. — 2003. — № 5. — С. 54–60.

6. *Слюсар В.И.* Фабрика в каждый дом // Вокруг света. — 2008. — № 1. — С. 96–102.

7. *Снук Г.* 3D-ландшафты в реальном времени на C++ и DirectX 9. — 2-е изд. — Москва: Кудиц-пресс, 2007. — 368 с.

8. *Херн Д., Бейкер М.П.* Компьютерная графика и стандарт OpenGL. — 3-е изд. — Москва: Вильямс, 2005. — 1168 с.