

УДК 624.05

3D ПЕЧАТЬ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Будаев В. С., студент гр. СПмоз-201, I курс
Дубенский М. С., ст. преподаватель каф. СПиЭН
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

В настоящее время очень активно развиваются методы автоматизации процессов различных отраслей промышленности [1-4]. Один из примеров автоматизации является 3D-печать, которая также не обошла стороной строительную отрасль [5-6]. Строительная SD-печать уже давно известна миру [7-8]. Первооткрывателем в этой области является Китай. Они используют для этого метода порталные строительные принтеры, в основе которых, лежит козловая конструкция. Но такие принтеры имеют значительные ограничения и хороши только для печати малых архитектурных форм или отдельных элементов здания. Например, стены или еще какие-то элементы зданий.

Сложность возникает в том, что эти стены необходимо везти на место будущего строения и монтировать их на месте. Но новый виток развития 3D-печати открылся с российской разработкой. Это строительный 3D-принтер, который работает в полярных координатах и печатает, находясь в центре возводимого строения. Т.е. такой принтер сам по себе является мобильным заводом по возведению зданий.

Печать зданий на 3D-принтере является прогрессивной технологией с большим потенциалом. Данная технология появилась в начале 2000-х годов. Сейчас в мире есть примеры реализованных проектов. Печать зданий на 3D принтере может стать настоящей находкой, например, при экстренном восстановлении жилья после стихийных бедствий. Также печать на 3D-принтере может дать доступ населению к бюджетному жилью. Это достигается путем уменьшения сроков основных технологических процессов строительства, а также сводится к минимуму человеческий фактор за счёт автоматизации.

Важной частью оборудования является не только строительный 3D принтер, но и система автоматического замешивания, подготовки и подачи смеси. Это полностью исключает наличие человеческого труда в этой технологии. Достаточно максимум два человека - один человек следит за работой принтера и программного обеспечения, а второй помогает и делает смежные вспомогательные работы, например, укладывание горизонтального армирования или стеклопластиковых перемычек, которые соединяют основную стену с фасадной. В автоматическую систему замешивания автоматизировано поступает сухая смесь, где она смешивается с водой и дополнительными

компонентами. Затем уже полученная жидкая смесь поступает в магистраль принтера, и слой за слоем можно наблюдать, как печатаются стены здания. Достаточно загрузить 3D-модель будущего здания в любом «CAD» формате. Программное обеспечение оборудования превращает этот код в необходимый код для печати здания.

Технология строительства зданий 3D-принтером подразумевает собой быстровозводимые стены, но предварительно необходимо смонтировать фундамент, а затем монтируется крыша.

Для отпечатанных зданий достаточно использовать такие же фундаменты, которые используются для других зданий, построенных традиционным методом. Можно впечатать несъемную опалубку для ленточного фундамента, либо печатать строение на уже существующем фундаменте, таком как «бетонная подушка». Максимальная площадь печати 132м². Соответственно можно напечатать здание любой формы в этих рамках.

В строительной 3D-печати используется смесь на цементной основе. По своим характеристикам она ничем не отличается от бетона марки М250, которая широко используется в строительстве [9-12]. Поскольку данная смесь сопоставима с бетоном марки М250, то в зависимости от сейсмической зоны можно печатать самонесущие стены и перегородки, либо можно печатать несъемную опалубку для колонн железобетонного каркаса, в итоге у вас получится здание, построенное по технологии железобетонного каркаса, на котором есть все методики расчета. Но тем не менее, в данную бетонную смесь добавляются компоненты, которые ускоряют схватывание смеси и обеспечивают необходимую вязкость, чтобы слой сохраняли свою форму при печати [13-15].

Бетонную смесь можно использовать при положительных температурах внешней среды. В зимних условиях необходимо устанавливать тепляки для поддержания необходимой температуры для данной смеси. При помощи тепляков не всегда удастся удерживать должную температуру при слишком низких температурах, из-за этого могут возникнуть остановки печати данного здания в этих условиях. Свойства данной смеси позволяют делать перерывы в процессе печати и возобновлять печать через некоторое время.

В данной технологии нет ограничений по используемому материалу. В данный момент используются бетонные смеси, но в дальнейшем открываются перспективы использования новых материалов, таких как геополимер. В основе данной смеси лежат геополимерные связующие, и данной смесью возможна печать зданий при отрицательных температурах. По своим прочностным характеристикам такая смесь сопоставима с бетоном марки М1000.

В качестве утепления цоколя можно использовать экструдированный пенополистирол, который обладает хорошими показателями по теплопроводности, а также имеет нулевое водопоглощение.

Предъявляемые требования к зданию, построенному по данной технологии идентичны требованиям к зданиям, построенным по традиционным технологиям: оно должно быть долговечным, комфортным и безопасным. Это

не достижимо без применения современных теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов.

Отпечатанное здание почти ничем не отличается от любого другого, построенного с помощью газоблоков. Его можно утеплить также любыми методами и материалами, используемыми для зданий из газоблоков.

Можно выделить 3 способа устройства фасадов:

1. Классический штукатурный фасад. Возможно применение негорючих плит из каменной ваты. Данная конструкция фасада является пожаробезопасной. Применяется на фасадах с высокими пожарными требованиями

2. Засыпка крошкой из полиизоцианурата. Данная технология позволяет заполнить пространства между несущей конструкцией и внешней верстой, соответственно, данным утеплителем. Что позволяет избавиться от мостиков холода. В качестве арматуры используется композитный материал, который укладывается вручную, непосредственно в процессе монтажа фасада.

3. Заливка полиуретановой пены. Данная технология позволяет избавиться от мостиков холода, а также от механической фиксации теплоизоляции. Таким образом сокращаются сроки работы. Не нужно крепить теплоизоляцию, пустоты заливаются, и получается готовый фасад.

Следует отметить, что в будущем возможна оптимизация данного процесса возведения фасада. 3D-принтер будет печатать не только несущую конструкцию, но и осуществлять дополнительную теплоизоляцию, с помощью полиуретановой пены.

Находясь в центре будущего здания, 3D-принтер возводит слой за слоем самонесущие стены и перегородки. Высота работы этого оборудования 3 м. Следовательно, за раз принтер печатает один этаж. Если необходимо напечатать больше этажей, необходимо положить плиты перекрытия. На них устанавливается принтер, и аналогично печати первого этажа, возводятся стены второго. В данной технологии установка крыши и окон воспроизводится традиционными методами. Крышу можно сделать с помощью любых существующих в данное время материалов.

Конструкция перекрытия представляет собой классический пирог - деревянные лаги, пространство между которыми заполнено теплозвукоизоляционным материалом из каменной ваты. Это позволяет не только сохранить тепло, но и снизить воздушные шумы конструкции.

При установке крыши на деревянном основании, в качестве кровельного покрытия можно применить кровельную ПВХ мембрану. Работа с этим материалом возможна в любых условиях, а также она позволяет намного ускорить процесс монтажа. За одну смену можно покрывать до 1000 м² кровельного покрытия.

В качестве теплоизоляции на крыше применяются плиты из пенополиизоцианурата. Данные плиты являются пожаробезопасными. Они имеют высокую прочность, а также данный материал имеет низкий коэффициент теплопроводности, что обеспечит максимальную энергоэффективность зданию.

В отличие от порталных принтеров, у которых пусконаладка может

занимать до трех недель, данный принтер устанавливается в течение часа. В зависимости от проекта, один этаж жилого дома, площадью 100 м², возводится за полтора - два дня

Несмотря на столь прогрессивную технологию, при возведении стен с помощью 3D принтера, все-таки невозможно уйти от использования современных теплоизоляционных материалов, которые позволяют добиться максимального комфорта и микроклимата в помещении.

В зависимости от региона, применение данной технологии позволяет сэкономить до 30% от стоимости возведения каркаса здания. Таким образом, применение 3D-печати в строительной отрасли открывает новые возможности для авторских смелых архитектурных решений.

Список литературы:

1. Покатилов Ю. В. Оценка эффективности использования программ автоматизированного управления данными при выполнении проектных работ / А. А. Николаева, Ю. В. Покатилов // Сборник материалов XII всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». Кемерово, 2020. С. 42310.1-42310.5.

2. Шабанов Е. А. Обоснование рациональных параметров автоматизации процессов производства строительных материалов и изделий / А. Ю. Шабуров, Е. А. Шабанов // Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая». 2019. С. 60621.

3. Решетникова Н. Г. Особенности строительной технологии быстро возводимых зданий / Н. Г. Решетникова, Н. В. Гилязидинова // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью. Материалы VI Международной научно-практической конференции . 2020. С. 61-65.

4. Шабанов Е. А. Анализ процессов автоматизации управления строительной площадки / В. Д. Исхаков, Е. А. Шабанов // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью. Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции. 2018. С. 63-66.

5. Зимина Л. В. Трехмерное моделирование: сферы применения, подходы к описанию 3D-моделей, методы компьютерной 3D-анимации // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2020. № 12. С. 65-71.

6. Хёхсманн Р. 3D-принтер, система 3d-принтера и генеративный способ изготовления / Хёхсманн Р., Мюллер А., Клауа С. // Патент на изобретение RU 2640551 С1, 09.01.2018. Заявка № 2017104265 от 26.08.2015.

7. Каргин А. А. Проблемы использования экструзионной 3D-печати в строительстве при помощи смесей на основе цемента / А. А. Каргин, Ю. К. Лукашова // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью. Материалы IV Международной научно-практической конференции.

2016. С. 96-99.

8. Дубенский М. С. Меры повышения конкурентоспособности объектов недвижимости / М. Р. Маркова, М. С. Дубенский, К. Д. Солонин // Сборник материалов XII Всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием Россия молодая. Кемерово, 2020. С. 42406.1-42406.4.

9. Каргин А. А. Бетонная смесь / Т. В. Хмеленко, А. В. Угляница, Н. В. Гилязидинова, А. А. Каргин // Патент на изобретение RU 2536535 С1, 27.12.2014. Заявка № 2013137339/03 от 08.08.2013.

10. Рудковская Н. Ю. Технологические процессы в строительстве / Н. В. Гилязидинова, Н. Ю. Рудковская, Т. Н. Санталова // Электронное учебное пособие, Кемерово, 2016.

11. Uglyanitsa A. V. Filling of the vertical mine workings with the autoclave slag-concrete / A. V. Uglyanitsa, K. D. Solonin // В сборнике: Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety. 2016. С. 66-71.

12. Угляница А. В. Инновационные подходы к развитию предприятий, отраслей, комплексов / А. Д. Верхотуров, В. М. Макиенко, А. В. Угляница, Н. В. Гилязидинова, Л. А. Коневцов, М. М. Соколов, О. Н. Бабий, Я. В. Догадайло, С. Б. Колодинский, Л. И. Мороз, Е. Н. Носик, Й. И. Светослав, В. И. Сильванович, Н. Ю. Рудковская, Т. Н. Санталова, О. В. Авдейчик, М. В. Кравченко, Я. А. Востриков // В двух книгах / Одесса, 2015. Том Книга 2

13. Duvarov V. B. Fine-dispersed mineral admixture-modified polystyrene concrete / A. V. Uglyanitsa, N. A. Mashkin, G. I. Berdov, V. B. Duvarov V.B. // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 15. С. 35428-35430.

14. Дуваров В. Б. Активация портландцемента минеральными добавками / В. Б. Дуваров // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью. Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции. 2018. С. 141-143.

15. Gilyazidinova N. Use of slag concrete in construction of underground structures and mines / N. Gilyazidinova, E. Shabanov, X. Liu // E3S Web of Conferences. IVth International Innovative Mining Symposium. 2019. С. 01039.