

УДК 624.05

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОБОТОТЕХНИКИ И 3D-ПЕЧАТИ

Гузий О. Г., студент СПмоз-201, I курс
Покатилов Ю. В., старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Аддитивное производство или 3D-печать в последние годы находится в фокусе пристального внимания в различных сферах применения: биоинженерии, автомобилестроении, авиакосмической и пищевой промышленности, а также в строительстве [1-4].

Автоматизация процессов в строительстве – это одно из самых перспективных направлений развития, так как это позволяет сократить трудозатраты, получить более низкую себестоимость работ и материалов [5-6]. 3D-печать – это одна из направлений автоматизации строительного производства [7-8]. Существует практическая сложность в применении 3D-печати для крупномасштабных проектов, таких как строительство, поскольку в традиционных процессах 3D-печати размер печатаемого объекта не может быть больше, чем размер встроенной камеры печати или системы доставки материала. Это делает 3D-печать априори непригодной для изготовления крупногабаритных объектов. Для решения этой проблемы необходимо применять мобильную робототехническую систему. Если установить механизм печати с системой доставки строительного материала на нескольких мобильных роботизированных платформах, то благодаря возможностям передвижения, локализации и точного размещения, появляется возможность печати объектов без ограничений по размерам.

В литературе существует три основных подхода к 3D-печати с использованием цементной основы:

Контурная обработка, так называемая «Бетон печать» и D-образная форма.

Контурная обработка и «Бетонпечать» - это в основном методы на основе экструзии, когда сопло с большой рамной системой выдавливает материал на основе цемента в заранее определенное место. Разделение этих двух техник состоит в незначительном изменении конструкции сопел.

Другой метод, D-образная форма, представляет собой крупномасштабный метод 3D-печати в котором материалы на основе песка и магния отправляют вместе, чтобы создать большие каменные объекты. D-образная форма также использует рамную систему для доставки связующего в контролируемой среде.

Общим в существующих технологиях является использование крупномасштабной рамной системы для транспортировки, размещения и контроля подачи материала печатающей головкой [9-10].

Очевидным недостатком рамной системы является ее ограничение на размер отпечатка и невозможность ее использования в замкнутых пространствах, таких как пещеры. Также, на рамных системах устанавливается печатающая головка с ременным или цепным приводом, из-за чего не возможна установка дополнительных независимых печатающих головок, что ограничивает время, необходимое для печати. Наконец, учитывая габаритный размер рамной системы и необходимость ее надежного закрепления, ее монтаж и ввод в эксплуатацию является долгим и трудозатратным процессом.

Если для строительства применить мобильную робототехническую систему, указанные выше ограничения решаются следующим образом:

- Модуль печатающей головки управляется роботизированной рукой, установленной на мобильной платформе, вся система остается компактной и может печатать без ограничения размера печати.
- Роботизированное решение позволяет нескольким печатающим машинам работать синхронно в одной рабочей среде.
- Мобильная платформа позволяет быстро ее устанавливать и убирать без необходимости разбора.

Подготовительные работы делятся на три этапа:

Первый шаг - создание траекторий печати из 3D модели желаемого объекта. Этот процесс сильно зависит от стратегии нанесения материала. Например, в обычном процессе экструзионной 3D-печати объект разрезается на тонкие, плотно уложенные дорожки. В бетонной печати путь не наносится из одного сопла, а из нескольких форсунок с переменной геометрией и большой площадью. В этом случае можно создать, используя одно направление печати.

Второй шаг - поиск возможных вариантов размещения роботов. Здесь определяется место размещения системы, где робот может точно поместить материал в желаемое место по направлению печати. Формулируя задачу геометрической оптимизации, необходимо использовать расширенные возможности численных решений, чтобы найти оптимальное значение для положения и ориентации роботов.

Третий шаг - планирование движения и управления роботами для точной укладки материала по траектории во избежание их столкновений. Для решения этой задачи разрабатывается собственный алгоритм согласованного планирования движения. Идея состоит в том, чтобы разделить проблему на две более простые:

1. Планирование для отдельного робота;
2. Координация и управление всей системой.

К аппаратным компонентам роботизированной установки относятся роботизированная рука, мобильная платформа и 3D стереокамера.

Роботизированная система состоит из шестиосевой роботизированной руки с регулируемым положением. Мобильная платформа используется для размещения и транспортировки манипулятора на рабочем месте. Эта платформа имеет всенаправленный колесный механизм, который позволяет ему двигаться в любом направлении. Таким образом, роботизированная рука обеспечивает максимальную гибкость для осаждения материала в желаемое место. Стереокамера использует спроецированную текстуру с активным методом стереозрения для создания модели облака точек объекта. Она оснащена проектором со случайным узором, который накладывает искусственную текстуру, решая задачу однородности поверхности. К концевому исполнительному элементу манипулятора робота прикреплен модульный экструзионный печатающий головка.

Таким образом, основной идеей роботизированной 3D-печати для строительства является установка системы доставки строительного материала на нескольких скоординированных мобильных роботах, которая позволяет планировать структуры значительно больше, чем сама система, без ущерба технологии производства и скорости. Это означает, что любая работа по возведению строительных объектов сводится к интеграции аппаратных и программных архитектур с материалами системы доставки (форсунка, насос, цемент для печати и т. д.) и дальнейшему выполнению типовых строительных задач.

Список литературы:

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

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

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.