

Научная статья
УДК 693.546

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО 3D-ПРИНТЕРА

Владимир Геннадьевич Новоселов¹, Мариамна Павловна Лошкарева²
^{1, 2} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбу-
бург, Россия

¹ novoselovvg@m.usfeu.ru

² loshkareva.mariamna@mail.ru

Аннотация. Предложено моделировать работу строительного 3D-принтера порталного типа на базе фрезерно-копировального станка. На основе электронных чертежей поперечных разрезов здания сгенерирована управляющая программа, эмулирующая движение экструдера принтера. Определено время возведения стен здания.

Ключевые слова: строительство, 3D-печать, порталный принтер, моделирование.

Благодарности: работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы кафедры МОД.

Для цитирования: Новоселов В. Г., Лошкарева М. П. Моделирование работы строительного 3D-принтера // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 109–113.

Scientific article

SIMULATION OF CONSTRUCTION 3D PRINTER OPERATION

Vladimir G. Novoselov¹, Mariamna P. Loshkareva²

^{1, 2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ novoselovvg@m.usfeu.ru

² loshkareva.mariamna@mail.ru

Abstract. It is proposed to simulate the operation of a portal-type 3D construction printer based on a milling-copying machine. Based on the electronic drawings of the transverse sections of the building, a control program is generated that emulates the movement of the printer extruder. The time of building walls erection is determined.

Keywords: construction, 3D printing, portal printer, modeling

Acknowledgment: the work was carried out within the framework of the implementation of the state budgetary theme of Department of mechanical wood-working.

For citation: Novoselov V. G., Loshkareva M. P. Modeling the work of a construction 3D printer // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 109–113.

В статье* показана целесообразность 3D-печати малоэтажных домов из древесно-минеральных композиционных материалов типа арболита, ксилолита или опилкобетона.

Основным способом 3D-печати большинства строительных принтеров является метод послойного экструдирования. Суть данного метода заключается в том, что 3D-машина имеет рабочее «сопло», или экструдер, выдавливающий быстротвердеющую бетонную смесь, в которую включаются различные добавки, улучшающие тем или иным способом характеристики будущей конструкции. Каждый очередной слой выдавливается 3D-принтером поверх предыдущего, благодаря чему формируется определенная конструкция. Метод послойного экструдирования подразумевает использование нескольких видов конструкции 3D-принтеров: в виде мостового крана или в виде стрелы-манипулятора.

В общем случае сама система для печати с помощью 3D-принтера содержит следующие элементы:

- система движения: козловые (портальные) краны или роботизированный манипулятор;
- система экструзии (печатающая головка с насадкой);
- портативная смесительная установка (просеивание и смешивание компонентов);
- система накачки (контролируется электроникой);
- блок управления (электроника, позиционирование и система управления);
- система мониторинга (камеры / мониторы слежения за процессом печати);
- система безопасности (автоматически выключает систему при необходимости).

* Лошкарёва М. П., Шарапкин А. А., Новоселов В. Г. Применение 3D-печати для строительства домов из древесно-композиционных материалов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2023. С. 433–440.

Loshkareva M. P. Sharapkin A. A., Novoselov V. G. Application of 3D-printing for the construction of houses made of wood-composite materials // Scientific youth creativity – the forest complex of Russia : materials of the XIX All-Russian (national) scientific and technical conference of students and graduate students. Yekaterinburg, 2023. P. 433–440. (in Russ.)

В качестве основного оборудования предложено использовать строительный 3D-принтер портального типа модели АМТ S300.

Данный принтер имеет ряд преимуществ:

- высокая производительность 2,5 м³ в час;
- большое рабочее поле 14x19 м;
- большой эксплуатационный ресурс – 30 000 ч;
- использование в качестве материалов товарных и конструкционных бетонов на основе цемента марки 400–500 с фракцией нерудных материалов до 6 мм.

При создании строительной продукции методом послойной экструзии (3D-печати) осуществляется такая последовательность технологических операций:

- 1) создание цифровой трехмерной модели объекта;
- 2) деление модели на слои в поперечном сечении;
- 3) перевод модели в цифровые данные на языке программирования G-code, позволяющем моделировать, формировать коды и управлять 3D-принтером;
- 4) приготовление сырьевой смеси с заданными свойствами и ее подача в съемный накопительный бункер строительного 3D-принтера;
- 5) передача разработанного кода на печатающую головку – экструдер;
- 6) послойная экструзия сырьевой смеси в соответствии с заданной цифровой трехмерной моделью;
- 7) отверждение материала до завершения формирования объекта;
- 8) постобработка: удаление поддерживающей структуры (при необходимости).

Ключевыми в этой последовательности являются первые три этапа. Основой для создания трехмерной модели служит строительный проект здания.

Для автоматического написания программы используются программы САД- и САМ-системы. Для начала создается электронный чертеж в САД-системе с изображением характерных горизонтальных разрезов на соответствующих уровнях, после этого чертеж импортируется в САМ-систему. (рис. 1).

Далее система производит расчеты траекторий перемещения инструмента.

Управляющая программа – это совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования машины. Язык программирования обычно называют языком ISO 7-bit или языком G- и M-кодов. Коды состоят из двоичных чисел с 7 информационно несущими двоичными разрядами. Информационные слова данных записываются в такой последовательности:

- слова данных подготовительных функций;
- слова данных линейных функций;
- слова данных с последовательностью адресов X, Y, Z, V, P, Q, R, A, B, C;

- слова данных с интерполяцией I, J, K;
- слова данных подачи, функций главного движения.

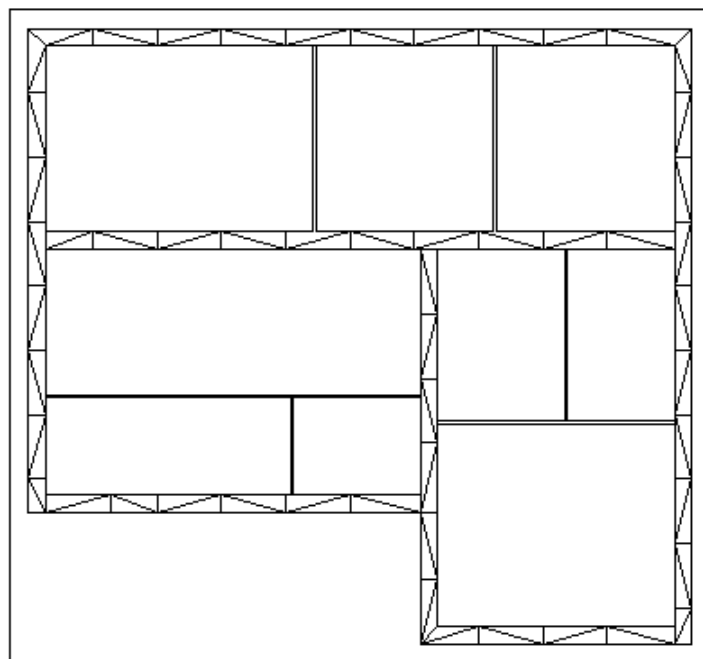


Рис. 1. Импортированный чертеж плана здания

В системе имеется возможность эмуляции перемещений рабочего органа машины (рис. 2).

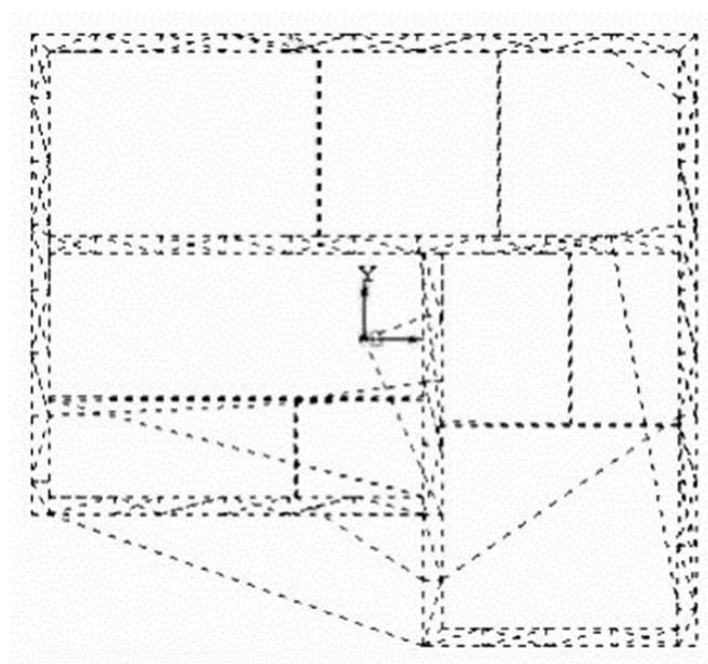


Рис. 2. Эмуляция траектории перемещения

С целью исследования автоматического управления работой строительного 3D-принтера за основу для написания G-кода был взят фрезерный станок с ЧПУ BEAVER 9AT. Строительный 3D-принтер и данный станок имеют сходную порталную П-образную конструкцию, а также они построены по одному принципу: перемещение в пространстве режущего инструмента у фрезерного станка и экструдера (сопла) у строительного принтера осуществляется по прямоугольным декартовым координатам. Любая точка траектории перемещения инструмента определяется тремя координатами в прямоугольной системе координат с осями абцисс X, ординат Y, аппликат Z. Оси координат располагаются параллельно физическим осям. Система координат является главной системой для программирования и назначается чертежом. Это позволяет смоделировать работу строительного 3D-принтера в определенном масштабе (1:75).

Полученные данные по результатам исследования приведены ниже.

Данные траектории движения для первого слоя одноэтажного здания	
Общая дистанция траектории движения, м.....	396,9
Время преодоления данной траектории, мин.....	39,6
Скорость движения, м/мин:	
минимальная	5
максимальная	10
Всего количество движений	338
линейных	64
ускоренных.....	274
Расчетные данные для здания	
Высота 1 этажа (стен), м.....	3
Длина траектории 1 слоя, м.....	396,9
Высота слоя, м	0,04
Скорость движения, м/мин.....	10–12
Производительность, м ³ /ч.....	2,5; 20 м ³ /смена
Время на получения одного слоя, мин.....	39,6
Общее количество слоев, шт.	75
Время на возведение 75 слоев, день.....	3

Вывод. Строительный 3D-принтер сможет напечатать 75 слоев, возвести внешние, наружные стены (400 мм) и перегородки (100 мм) из древесного композиционного материала для одноэтажного здания высотой 3 м площадью 116,58 м² за 49,5 ч, или 3 рабочих дня.