

## ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ 3D-ПРИНТЕРА

Трубицына А.М.<sup>1</sup>, Бодров К.Ю.<sup>1</sup>

Научный руководитель – преподаватель, Бодров К.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

anna.trubitsyna@gmail.com

### Введение

В настоящее время аддитивные технологии занимают лидирующие позиции в современном производстве. Среди них наиболее широкое распространение получил метод послойного наплавления (FFF/FDM), основанный на экструзии материала по заданной траектории. Высокая динамика развития данной отрасли опережает темпы фундаментальных исследований, что приводит к наличию ряда неизученных вопросов [1]. В частности, в научной литературе недостаточно освещена проблема построения математической модели 3D-принтера, что определяет актуальность данного исследования.

Наличие математической модели позволяет:

1. Получить комплексное описание физических процессов, протекающих в процессе 3D-печати;
2. Создать основу для разработки алгоритмов, повышающих качество, скорость и точность 3D-печати;
3. Выявить потенциальные направления для совершенствования и сформировать рекомендации для разработчиков аппаратного обеспечения и программного управления (прошивок).

В работе исследуется процесс разработки математической модели 3D-принтера. Проводится анализ ключевых структурных компонентов системы: программного обеспечения (прошивки), электропривода, кинематической схемы и механической части.

### Основная часть

Входными параметрами системы являются: относительное перемещение инструмента относительно изделия, максимальная скорость, ускорение и мгновенное изменение скорости по осям X и Y. В качестве выходных параметров рассматривается графика скорости инструмента относительно изделий, которые определяют качество, скорость и точность печати.

Рассматривается следующая функциональная структура математической модели:

1. Программное обеспечение (прошивка) 3D-принтера;
  - а. Задание кривых линейных скоростей по осям X, Y;
  - а. Определение угловых скоростей для моторов в шагах/секунду;
2. Драйверы двигателей;
  - а. Генерация напряжения на обмотки двигателя;
3. Электродвигатели;
  - а. Преобразование напряжений в скорость и момент на выходном валу;
4. Кинематическая схема 3D-принтера [2, 3];
  - а. Преобразование вращательного движения в поступательное за счет механических передач;
  - б. Формирование момента нагрузки на моторы.

В работе представлены различные варианты конструктивных и алгоритмических решений, применяемых в 3D-принтерах; наиболее распространенные из них подвергнуты детальному анализу. Приведены расчетные соотношения, выполнены результаты компьютерного моделирования и соответствующие графические зависимости. Исследовано влияние отдельных параметров на итоговые характеристики

процесса печати.

### **Выводы**

В работе представлен процесс построения математической модели 3D-принтера. Полученные результаты могут быть использованы для разработки программных и аппаратных усовершенствований, повышающих качество, скорость и точность аддитивного производства. В дальнейшем планируется провести детальное исследование влияния типа электропривода и алгоритма управления на характеристики процесса печати.

### **Литература**

1. Obi M. U. et al. A bibliometric analysis of research in design for additive manufacturing //Rapid Prototyping Journal. – 2022. – Т. 28. – №. 5. – С. 967-987.
2. Трубицына А.М., Бодров К.Ю., Толстоба Н.Д. Современное состояние и перспективы развития кинематических схем 3D-принтеров. Мехатроника, автоматизация, управление. 2025;26(10):547-555.  
<https://doi.org/10.17587/mau.26.547-555>
3. Kopets E. et al. Estimating natural frequencies of Cartesian 3D printer based on kinematic scheme //Applied Sciences. – 2022. – Т. 12. – №. 9. – С. 4514.