

УДК 621.98

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТОВ YOLO 1 / YOLO 2
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ
СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ 3D-ПРИНТЕРА**

Д. А. ШЕЛЕПЕНЬ, А. А. КАРЕТНИКОВА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. М. ДОЛГИХ)

Проведено экспериментальное исследование влияния алгоритмов ускорения и замедления перемещений печатающей головки на инерционные характеристики системы позиционирования 3D-принтера. Для оценки использовались тесты YOLO 1 / YOLO 2, реализованные в слайсере OrcaSlicer, которые позволяют определить отклик системы на динамические нагрузки при изменении скоростных параметров.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, инерционные свойства, ускорение, адгезия.

Введение. Точность позиционирования является одной из ключевых характеристик FDM-принтера и напрямую влияет на качество печати, особенно при высоких скоростях [1]. В процессе движения печатающая головка испытывает динамические нагрузки, связанные с ускорением, торможением и изменением направления. Избыточная инерция или неправильно настроенные параметры ускорения могут вызывать вибрации, рябь и геометрические искажения контуров изделия.

Современные слайсеры, такие как OrcaSlicer, включают тесты YOLO 1 / YOLO 2, предназначенные для экспериментальной оценки и оптимизации инерционных характеристик кинематической системы 3D-принтера. Эти тесты формируют серию резких перемещений и изменений направления, что позволяет выявить резонансные эффекты и определить диапазон устойчивой работы по скоростным параметрам.

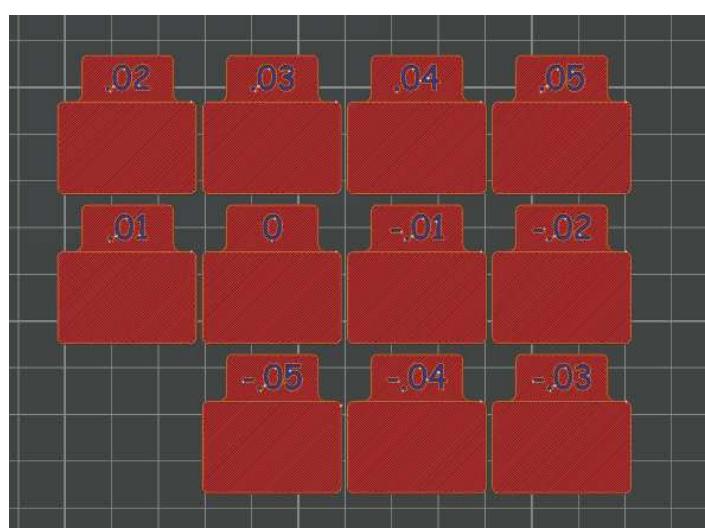
Целью настоящей работы является экспериментальное определение влияния инерционных свойств системы позиционирования на точность формирования контуров и выявление оптимальных параметров ускорения и замедления при FDM-печати.

Основная часть. Эксперимент проводился на 3D-принтере Creality Ender 3 V3 KE, оснащенном системой автоуровня (датчик CR-Touch). В качестве материала использовался филамент PLA+ от ESUN, диаметром 1,75 мм, сопло – 0,4 мм. Параметры печати:

- температура экструдера – 210 °C;
- температура стола – 55 °C;
- высота слоя – 0,2 мм.

Для тестирования использовались встроенные модели YOLO 1 и YOLO 2, генерируемые в OrcaSlicer.

- YOLO 1 – базовый тест, моделирующий короткие ускорения и изменение направления.
- YOLO 2 – расширенный тест с увеличенными амплитудами ускорения и перемещений, направленный на выявление инерционных и резонансных эффектов.



**Рисунок 1. – Расположение моделей на столе 3D-принтера
в программе OrcaSlicer**

Результаты и интерпретация. Результаты показали, что при низких значениях ускорения (до 1000 $\text{мм}/\text{с}^2$) движение печатающей головки оставалось стабильным, однако наблюдалось увеличение времени печати и незначительное снижение четкости переходов по углам.

При увеличении ускорения до 3000–4000 $\text{мм}/\text{с}^2$ на образцах YOLO 1 фиксировалась оптимальная четкость контуров и минимальная рябь на вертикальных поверхностях. Микроскопический анализ подтвердил равномерность шага дорожек и отсутствие смещения слоев.

Для теста YOLO 2 при тех же параметрах наблюдались первые признаки динамической нестабильности: микроволны и фазовые сдвиги между линиями, указывающие на инерционные колебания системы позиционирования. При превышении ускорений более 4500 $\text{мм}/\text{с}^2$ происходило выраженное смещение контуров, особенно на резких сменах направления.

Таким образом, диапазон ускорений 2500–3500 $\text{мм}/\text{с}^2$ можно считать оптимальным для данного типа принтера и кинематики. Этот режим обеспечивает компромисс между скоростью, точностью и устойчивостью системы (рис. 2).

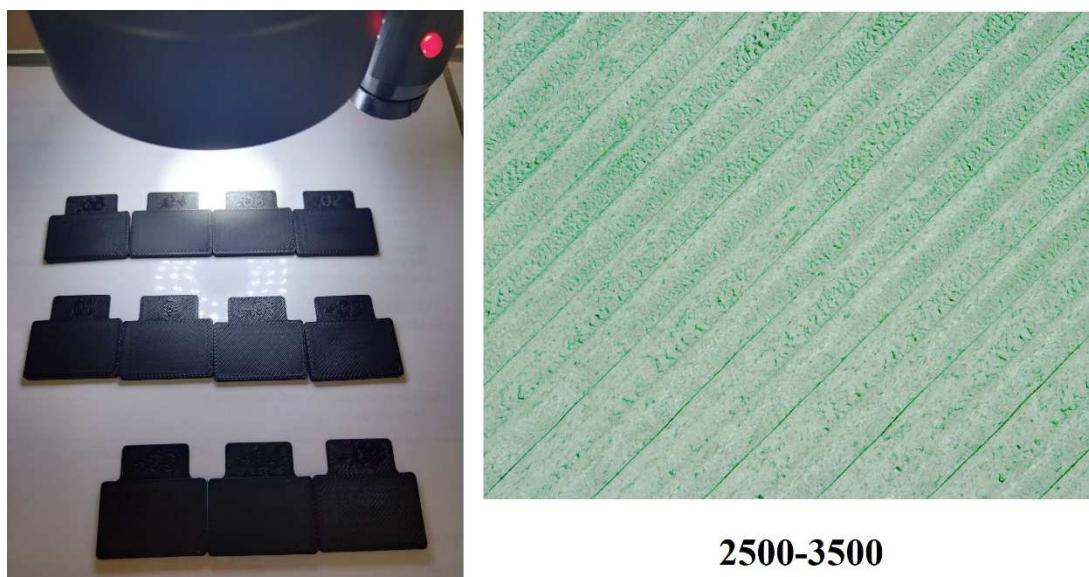


Рисунок 2. – Выявление оптимального диапазона ускорений на видеоизмерительном микроскопе

Заключение. В ходе работы экспериментально определено влияние инерционных свойств системы позиционирования на качество печати при FDM-технологии. Тесты YOLO 1 / YOLO 2, реализованные в OrcaSlicer, позволяют наглядно выявить диапазон устойчивых параметров ускорения и скорости.

Оптимальные значения ускорения для принтера Creality Ender 3 V3 KE составляют 2500–3500 $\text{мм}/\text{с}^2$, что обеспечивает высокую точность без появления инерционных дефектов. Применение данных тестов рекомендуется при первичной настройке или модернизации 3D-принтеров, а также при оценке динамических характеристик кинематических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попок, Н.Н. Технология производства машиностроительных изделий на основе послойного синтеза с использованием 3D-принтера [Электронный ресурс] : практикум : учебное пособие / Николай Николаевич Попок, Сергей Анатольевич Портянко ; Министерство образования Республики Беларусь, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк : ПГУ, 2022. – 61 с.