

Секция «Математическое моделирование и информационные технологии»

**Сбор и обработка данных для устранения эффектов некорректной экструзии
3D-печати с применением технологий машинного зрения**

Лямин И.С.¹, Голубков А.В.²

1 - Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова, Факультет физико-математического и технологического образования, Ульяновская область, Россия, E-mail: ulsk3d@yandex.ru; 2 - Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова, Факультет физико-математического и технологического образования, Ульяновская область, Россия, E-mail: kr8589@gmail.com

3D-печать методом наплавления термопластичного полимера (FFF) является одной из наиболее популярных технологий в различных сферах, благодаря низкой стоимости и быстроте производства. Однако, несмотря на свои преимущества, данная технология не лишена недостатков, таких как низкая точность и дефекты, включая избыточную и недостаточную экструзию, возникающие при резких изменениях скорости движения печатной головки. Алгоритм Pressure Advance (PA), используемый в прошивке Klipper [3], частично решает эту проблему, позволяя настраивать коэффициент K_{PA} для компенсации избыточного и недостаточного давления в сопле при изменении скорости движения. Тем не менее, определение этого коэффициента остается субъективным и не учитывает различия в поведении экструзии при переходе с высокой скорости на низкую и в обратном направлении [2].

В данной работе предлагается методика сбора и обработки данных, необходимых для определения коэффициента PA с помощью средств объективного контроля с применением технологий машинного зрения.

Образец для печати представляет собой набор из 40 параллельных линий, каждая из которых состоит из трех участков длиной 50 мм: участок с быстрой скоростью (v_{fast}), участок с медленной скоростью (v_{slow}), и вновь участок с быстрой скоростью. При резком изменении скорости печати в связи с инерцией давления в сопле принтера в точке смены скорости на линии возникают дефекты в виде расширения и сужения. После завершения печати образца осуществляется сканирование печатной платформы с использованием планшетного сканера, после чего полученные изображения подвергаются обработке.

Для автоматизации процесса сбора данных был разработан аппаратно-программный комплекс, включающий 3D-принтер Creality K1 с прошивкой Klipper, планшетный сканер с возможностью цветного сканирования разрешением 600 dpi, а также набор программ на языке Python, предназначенных для генерации g-code для печати тестовых моделей с заданными параметрами и для пакетной обработки сканов этих моделей средствами библиотеки openCV [1].

В результате реализации предложенной методики и применения разработанного аппаратно-программного комплекса был сформирован датасет, содержащий дискретные данные о толщине каждой линии (соответствующей каждой паре скоростей) с шагом $\approx 0,05$ мм. Помимо «сырых» данных, данный датасет включает в себя набор статистических показателей, таких как средняя толщина линии, максимальное и минимальное значения толщины, медиана толщины, стандартное отклонение, коэффициент вариации, а также площадь полосы пластика и другие параметры.

Полученные данные позволяют выявить участки, в которых величина давления в сопле не соответствует оптимальным значениям для заданных условий печати. Эти данные могут быть применены для разработки математической модели процесса, идентификации ее параметров, а также для динамического вычисления коэффициента Pressure Advance.

Источники и литература

- 1) Howse J., Minichino J. Learning OpenCV 4 computer vision with Python 3: get to grips with tools, techniques, and algorithms for computer vision and machine learning / UK: Packt Publishing, 2020.
- 2) Tronvoll S., Popp S., Elverum C., Welo T. Investigating pressure advance algorithms for filament-based melt extrusion additive manufacturing: theory, practice and simulations // Rapid Prototyping Journal, 2019. DOI: 10.1108/RPJ-10-2018-0275
- 3) Kinematics – Klipper documentation: <https://www.klipper3d.org/Kinematics.html?h=pressure#pressure-advance>

Иллюстрации

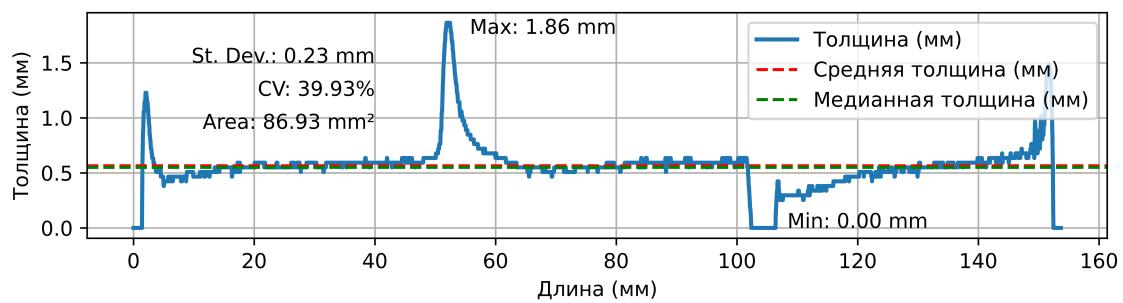


Рис. : График толщины в миллиметрах с ключевыми статистическими показателями для $v_{\text{slow}} = 5 \text{ мм/с}$, $v_{\text{fast}} = 150 \text{ мм/с}$.