



## ПЕРЕТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ПРОГРАМАМИ-СЛАЙСЕРАМИ ЯК КЛЮЧОВИЙ ФАКТОР ДОСЯГНЕННЯ ЯКОСТІ АДИТИВНОГО ДРУКУ

*Володько М.Ю., аспірантка, кафедра ТПВ, НН ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського*

Сьогодні технологія FDM (Fused Deposition Modeling) переживає значне зростання в різних галузях застосування. Процес адитивного виробництва полягає у тому, що витратний матеріал екструдується через сопло шар за шаром, що дозволяє формувати геометрію поліграфічного виробу [1].

Технологія FDM передбачає використання різноманітних витратних матеріалів, серед яких пластики типу: ABS, PLA, PETG, TPU, Nylon, PC. Процес адитивного друку за технологією FDM неможливий без застосування програм-слайсерів [5], що використовується для імпортування 3D моделей та їх підготовки до 3D-друку.

Крім того, це програмне забезпечення визначає швидкість екструзії матеріалу, оптимізує шлях руху екструдера, контролює орієнтацію об'єкта та формування шарів.

На завершення вся оброблена інформація генерується в G-code, який надсилається на 3D-принтер.

Метою дослідження було визначено порівняння точності, яку пропонує програмне забезпечення щодо стабільності розмірів поліграфічних 3D виробів.

Порівнювався інструментарій наступних програм-слайсерів: UltiMaker Cura [2], Slic3r 1.3.0 [3] та Simplify3D [4].

Проаналізовано відхилення у розмірах надрукованих моделей при однаково прийнятих параметрах адитивного друку для FDM-принтера XYZ DA VINCI 1.0 PRO серед яких: висота шару - 0,22 мм; товщина оболонки - 0,8 мм; розмір насадки - 0,4 мм; заливка: нижня/верхня товщина - 1,2 мм; щільність заливки - 10%; швидкість друку - 60 мм/с; температура головки екструдера - 220°C; температура шару - 60°C; PLA нитка: діаметр - 1,75 мм; конструкція опорної конструкції – немає.

На 3D моделях зразках було визначено мітки у вигляді літер латинського алфавіту (модель «кулон»: f, g, h, i, j; модель «тримач телефону»: a, b, c, d, e), що і обрано контрольними розмірами для вимірювання після друку та порівняння із значеннями у електронній моделі.

Вимірювання точності розмірів кожної друкованої частини було виконано за допомогою цифрового штангенциркуля TOPEX, що забезпечує точність 0,01 мм.

Зокрема, було розглянуто 5 зразків для кожного слайсера, розраховано середнє значення, яке зазначено в стовпцях під міткою «абсолютне значення» (мм).

Для кожного з цих середніх значень, відхилення від контрольного значення розраховується в мм і відсотках. Спостереження за результати щодо точності проаналізованих друкованих частин були зроблені із використанням інструментарію програм-слайсерів: Cura, Slic3r та Simplify3D та наведено в таблиці 1.



Таблиця 1 – Результати вимірювання точності розмірів моделей «кулон» та «тримач телефону» із використанням різних програм-слайсерів

Мітка	Модель, мм	Значення розмірів								
		Slic3r			Cura			Simplify3D		
		Абсолютне значення, мм	Відхилення, мм	Відхилення, %	Абсолютне значення, мм	Відхилення, мм	Відхилення, %	Абсолютне значення, мм	Відхилення, мм	Відхилення, %
a	12,00	11,63	0,37	3,08	11,77	0,23	1,91	11,86	0,14	1,16
b	21,00	20,61	0,61	2,90	20,66	0,34	1,62	20,96	0,04	0,19
c	3,00	3,10	0,10	3,33	3,05	0,05	1,66	3,02	0,02	0,66
d	3,00	3,19	0,19	6,33	3,13	0,13	4,33	3,12	0,12	4,00
e	26,00	25,65	0,35	1,34	25,68	0,32	1,23	25,80	0,20	0,78
f	5,00	4,81	0,19	3,80	4,81	0,19	3,80	4,85	0,15	3,00
g	3,00	2,88	0,12	4,00	2,92	0,08	2,66	2,99	0,01	0,33
h	6,00	5,80	0,20	3,33	6,22	0,22	3,66	5,85	0,15	2,50
i	4,11	4,34	0,23	5,59	4,29	0,18	4,37	4,25	0,14	3,40
j	5,65	6,03	0,38	6,72	6,01	0,36	6,37	5,93	0,28	4,95

Відповідно до аналізу вимірювання відхилень віддрукованих моделей з точки зору точності розмірів, ПЗ Slic3r досягло від 0,10 мм до 0,61 мм, що належить до класу невеликого відхилення. Але якщо брати до уваги такий показник як літери, то ПЗ Slic3r не досягло задовільного рівня якості.

У свою чергу ПЗ Cura досягло кращої точності розмірів, ніж програма-слайсер Slic3r. Відхилення розмірів між 3D-моделлю та надрукованими моделями було зроблено від 0,05 мм до 0,36 мм, що також знаходиться в межах малого відхилення. Поверхневі та складні частини літер, ПЗ Cura було зроблено якісно та досягнуто високого рівня деталізації. ПЗ Simplify3D досягло найкращої якості та точності розмірів друку частин. Розмірне відхилення було в межах від 0,02 мм до 0,28 мм. Візуально проаналізовано якість поверхні та літер надрукованих частин відповідає та наближається до оригінальної форми.

Таким чином, можна зробити висновок, що ПЗ Cura має хороші, але не точні результати на етапі друку на відміну від ПЗ Simplify3D, що і буде рекомендовано для реалізації завдань дослідження.

#### Список літератури

1. Na, J.K., & Oneida, E.K. (2018). Nondestructive evaluation method for standardization of fused filament fabrication based additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, (24), 154-165.
2. Ultimaker BV. (n. d.). Software downloads. <http://software.ultimaker.com/>.
3. Slic3r. (n. d.). Software downloads. <http://slic3r.org/>.
4. Simplify3D. (n. d.). Software downloads <https://www.simplify3d.com/>.
5. Šljivić, M., Pavlović, A., Ilić, J., Stanojević, M., & Todorović, S. (2017). Comparing the Accuracy of Professional and Consumer Grade 3D printers in Complex Models Production, *FME Transactions*, 45(3), 348-353.