

УДК 621.98

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ FDM-ПЕЧАТИ

Д. А. ШЕЛЕПЕНЬ, А. А. КАРЕТНИКОВА
(Представлено: канд. техн. наук, доц. С. А. ПОРТЯНКО)

Рассмотрено влияние технологических параметров процесса FDM-печати на формирование вертикальных поверхностей изделий. Для оценки качества использовалась тестовая модель «вертикальные артефакты» напечатанная при различных параметрах. Контроль качества поверхности осуществлялся с применением видеоизмерительного микроскопа.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, вертикальные артефакты (VFA), технологические параметры, качество поверхности.

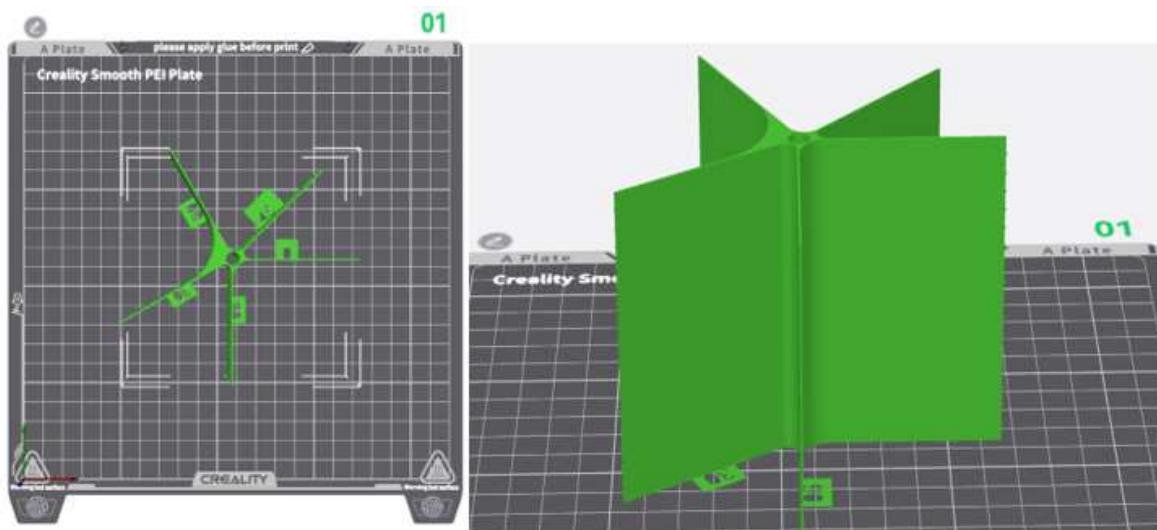
Введение. Одним из характерных дефектов, возникающих при FDM-печати, являются вертикальные артефакты (VFA, Vertical Fine Artifacts) – это периодические неровности на вертикальных поверхностях изделий. Они проявляются в виде полос, мелких волн или ступенчатых искажений.

Данные дефекты снижают качество внешнего вида изделия и могут влиять на его функциональные характеристики. Причины возникновения VFA обусловлены совокупностью факторов, к ним относят [1]:

- механические колебания узлов 3D-принтера;
- неравномерная подача филамента;
- тепловые колебания в экструдере;
- неточность в калибровке ремней и направляющих;
- колебания при движении шаговых двигателей.

Основная часть. Для проведения эксперимента использовался 3D-принтер фирмы Creality Ender 3 V3 KE, оснащенный латунным соплом диаметром 0,4 мм. В качестве филамента применялся PLA+ компании ESUN диаметром 1,75 мм. Процесс печати выполнялся при температуре экструдера 210 °C и температуре стола 53–55 °C.

В качестве тестового объекта использовалась 3D-модель «вертикальные артефакты» (рис. 1).



**Рисунок 1. – Расположение 3D-модели на рабочей поверхности стола
в слайсере Creality Print**

Начальная скорость печати составила 40 мм/с и с шагом изменения в 10 мм/с достигла показателя в 200 мм/с. Высота слоя оставалась неизменной и составила 0,2 мм. После печати образцы подвергались визуальному осмотру, а затем исследовались с использованием видеоизмерительного микроскопа фирмы NORGAU модели NVM-4030D.

Результаты и интерпретация. В результате проведенных испытаний установлено, что характер проявления VFA напрямую зависит от выбранных технологических параметров печати. В результате

изменения скорости печати, на 6 делении скоростных параметров, что равняется 90-100 мм/с устраняется выраженное смещение контуров слоев. Это указывает на недостаточную инерционную стабильность системы позиционирования при низких скоростях (рис. 2).



Рисунок 2. – Расположение тестовой модели на столе видеоизмерительного микроскопа

Минимальные неровности и амплитуды были зафиксированы на участке с 1 до 6 деления скоростного режима (рис. 3). При повышении скорости перемещения печатающей головки уменьшается время термического воздействия экструдера на материал в каждой точке. Это снижается вероятность локального перегрева и деформации ранее напечатанных слоев, что способствует более стабильному формированию контуров.

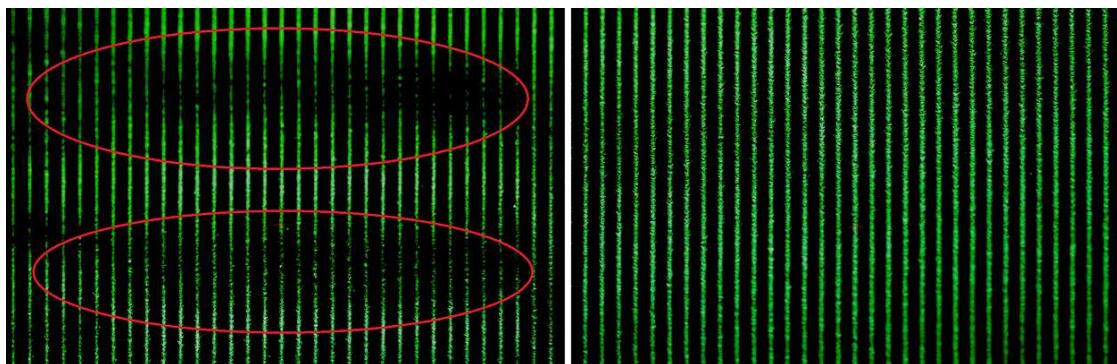


Рисунок 3. – Выявление дефектов вертикальной поверхности тестовой модели, полученного методом FDM-печати (слева – участок до 6 деления, справа – после)

Заключение. При неизменной температуре экструдера, рабочей поверхности стола 3D-принтера и высоте слоя, снижение выраженности смещения контуров слоев удалось обеспечить за счет скоростных параметров печати. При увеличении скорости в диапазоне 90-100 мм/с наблюдалось уменьшение локальных дефектов и повышение стабильности геометрии изделия. Полученные результаты могут быть использованы для калибровки параметров 3D-печати и повышению точности изготовления изделий, изготовленных с помощью технологии FDM.

ЛИТЕРАТУРА

1. New in PrusaSlicer: Consistent Surface Finish and Nerfing VFAs [Electronic resource] / Prusa Research. – Prague, 2025. – Mode of access: [https://blog.prusa3d.com/new-in-prusaslicer-consistent-surface-finish-and-nerfing-vfas_120400/..](https://blog.prusa3d.com/new-in-prusaslicer-consistent-surface-finish-and-nerfing-vfas_120400/) – Date of access: 10.10.2025.