

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ОГРАНИЧЕНИЙ 3D ПРИНТЕРОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОТОТИПОВ ГТУ

Балякин А.В., Гончаров Е.С., Злобин Е.П.

Самарский университет, г. Самара, goncharov.es@ssau.ru

*Ключевые слова:* аддитивные технологии, FDM печать, прототип, ГТУ, экструзия.

Аддитивная технология методом послойного наплавления (FDM) – это аддитивная технология, в которой выращиваемая деталь формируется послойно, путем нагрева и экструдирования термопластичной нити на столе 3D принтера. Это эффективный процесс для создания деталей от прототипа до производства в короткие сроки [3, 4]. На примере изготовления прототипа газотурбинной установки экономический эффект FDM технологии заключается в исключении этапа проектирования и изготовления дорогостоящей оснастки, необходимой для изготовления деталей прототипа. Изготовление оснастки считается экономически обоснованной для серийного производства и оказывается неэкономичной, когда требуется только одна или несколько деталей, например, на этапе разработки прототипов и функционального тестирования. Кроме того, для внесения любой модификации в конструкцию, может потребоваться изготовление новой оснастки, которая в свою очередь увеличивает стоимость и время. С другой стороны, с помощью печати по FDM технологии любые изменения в конструкции могут быть легко адаптированы путем простого изменения 3D модели [1, 2]. Схема технологического процесса FDM печати представлена на рис. 1.

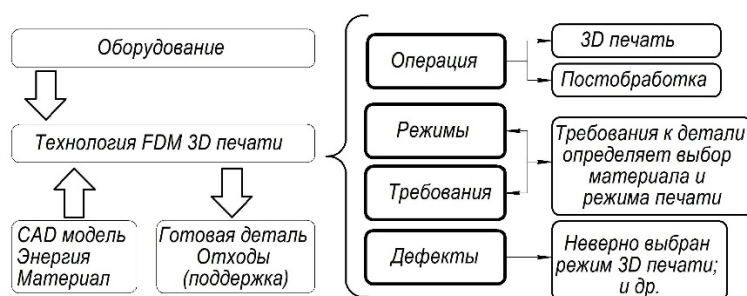


Рис. 1. Схема технологического процесса FDM печати

На этапе проектирования деталей прототипа формируются требования к поверхностям, их взаимному расположению, точности изготовления с учетом возможностей и ограничений 3D принтеров. Послойное выращивание имеет особенности, которые необходимо учитывать для получения необходимого качества поверхности. Сущность процесса FDM состоит в укладке разогретой полимерной нити. При этом в материале происходят физические процессы [5] и представленные на рис. 2.

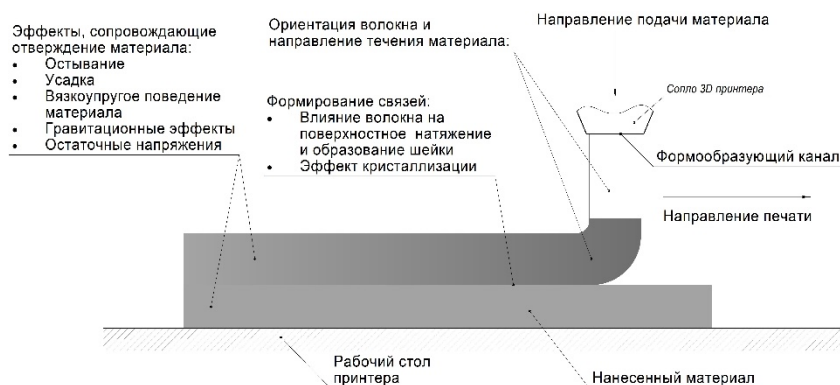


Рис. 2. Физические процессы, проходящие в материале в процессе FDM печати

В плоскости стола 3D принтер воспроизводит контур детали с высокой точностью, определяемой точностью приводов. Криволинейные поверхности в горизонтальных сечениях

получаются с меньшей шероховатостью, чем в вертикальных сечениях и наклонных поверхностях. Изготовление наклонных конструкций является одним из ограничивающих критериев в процессе FDM печати. В зависимости от материала и параметров печати минимальный угол наклона для изготовления неподдерживаемых конструкций определен в интервале между 20° и 53°. Как следствие, основное ограничение для изготовления наклонных конструкций обусловлена необходимостью вспомогательных структур в процессе FDM печати. С ростом угла наклона увеличивается волнистость поверхности, увеличивается шероховатость поверхности, возникает дефект не сплавления слоев.

Правила проектирования 3D моделей деталей с адаптированной конструкцией под технологические возможности и ограничения 3D принтеров являются необходимостью и предпосылкой для полного использования возможностей аддитивной технологии для производства прототипов изделий. Такие правила проектирования могут определять аспекты геометрической точности и доступной шероховатости поверхности. Проведенный анализ, позволили сформулировать рекомендации и правила проектирования отливок под технологические возможности и ограничения 3D принтеров:

1. Решите, как модель будет расположена на столе принтера.
2. Постарайтесь свести к минимуму потребность в поддержках.
3. При проектировании моделей, места соединения поверхностей необходимо скруглять радиусом или фаской.
4. Печать имеет меньшую прочность в направлении, параллельном напечатанным слоям, чем в направлении, перпендикулярном напечатанным слоям.
5. При моделировании деталей, которые должны соединяться друг к другу, необходимо учитывать зазор между деталями, обычно это 0,15 – 0,2 мм.
6. Для достижения лучшего результата круглые отверстия располагайте по горизонтали.
7. При моделировании стенок модели необходимо учитывать диаметр сопла при печати и минимальную ширину печати:
  - Невозможно напечатать толщину стенки меньше диаметра сопла;
  - Невозможно напечатать толщину стенки больше одного периметра, но меньше двух периметров;
  - Один периметр, равен примерно диаметру сопла;
  - Толщину стенок лучше подбирать кратную одному периметру (диаметру сопла).

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития Самарского университета на 2021-2030 годы в рамках программы "Приоритет-2030" при поддержке Правительства Самарской области.

### **Список литературы**

1. Вдовин Р.А. Разработка и внедрение в производство цифровой гибридной технологии изготовления лопаток ГТД на основе методов быстрого прототипирования // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева. — 2019. — № 4 (51). — С. 47-52
2. Балякин А.В., Смелов В.Г., Чемпинский Л.А. Применение аддитивных технологий для создания деталей камеры сгорания // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2012. № 3-2 (34). С. 47-52.
3. Chia, H. N.; Wu, B. M. J. Biol. Eng. 2015, 9,1
4. Balyakin, A. V. Study of FDM technology applications in the casting production of GTE details / A. V. Balyakin, R. A. Vdovin, R. R. Kyarimov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Sevastopol, 07–11 сентября 2020 года. – Sevastopol, 2020. – P. 022003. – DOI 10.1088/1757-899X/971/2/022003.
5. L.G. Blok, M.L. Longana, H.Yu, B.K.S. Woods. An investigation into 3D printing of fibre reinforced thermoplastic composites. Additive Manufacturing. Volume 22. 2018. P. 176-186.

Сведения об авторах

Балякин Андрей Владимирович, старший преподаватель, Область научных интересов: 3D печать, быстрое прототипирование, прямое лазерное выращивание

Гончаров Евгений Станиславович, аспирант, Область научных интересов: 3D печать, прототипирование, постобработка пластиков.

Злобин Евгений Петрович, студент магистратуры, Область научных интересов: 3D печать, постобработка деталей, изготавливаемых аддитивными технологиями.

## **ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL CAPABILITIES AND LIMITATIONS OF 3D PRINTERS FOR THE PRODUCTION OF GTU PROTOTYPES**

Balyakin A.V., Goncharov E. S., Zlobin E. P.

Samara National Research University, Samara, Russia, goncharov.es@ssau.ru

*Keywords additive technologies, FDM printing, prototype, GTU, extrusion.*

In this paper, the authors analyzed the technological capabilities and limitations of 3D printers using FDM technology. The authors reviewed the scheme of the technological process of FDM printing. The physical processes taking place in the material b during the extrusion of the heated filament onto the printer table and their impact on the quality of the printed model were analyzed. We formulated recommendations that must be followed when designing GTU prototype models in order to obtain the best quality of prototypes.