

## РАЗЛИЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ 3D-ПЕЧАТИ

**Поляничко К. С.** – аспирант, инженерная школа информационных технологий и робототехники, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск

**Аннотация:** Данная статья вводит в тематику 3D-печати, описывая 3D принтер и основные этапы процесса печати, с целью дальнейшего представления существующих проблем в данной сфере и подробным описанием одной из них, это внешние дефекты, которые выявлены, собраны в одну таблицу, проиллюстрированы и индивидуально описаны.

**Ключевые слова:** 3D принтер, печать, FDM-технология, аддитивное производство, дефект, STL формат, G-код, проблема, деформация.

## VARIOUS 3D PRINTING DEFECTS

**Polyanichko K. S.** - graduate student, school of engineering of information technology and Robotics, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

**Abstract:** This article introduces the subject of 3D printing, describing the 3D printer and the main stages of the printing process, in order to further present the existing problems in this area and a detailed description of one of them, these are external defects that are identified, collected in one table, illustrated and individually described.

**Keywords:** 3D printer, printing, FDM technology, additive manufacturing, defect, STL format, G-code, problem, deformation.

Современная 3D-печать уже не является чем-то совершенно новым и неизвестным, даже для обычного пользователя, так как технологии развиваются и 3D принтеры становятся все более доступными и распространенными в разных сферах использования. Существует несколько технологий 3D-печати, в данной же статье речь пойдет об одной из наиболее распространенных, это метод FDM печати.

По своей сути, 3D-печать – это процесс, в котором происходит поэтапное наложение нагретого материала и в результате этого формирование конечной объемной детали, как это продемонстрировано на рисунке 1 [1]. Также данная техника производства является аддитивным процессом ввиду того, что предмет создается с нуля, в отличие от процессов, при которых материал режется, обрабатывается, просверливается, фрезеруется и т.д.



Рисунок 1 – 3D принтер

Для большего понимания аддитивных технологий следует вкратце описать этапы печати, которые наглядно проиллюстрированы на рисунке 2. Создание цифровой модели объекта в предназначенных для этого программах, называемых САПР, а также экспорт этих моделей в STL формат, можно отнести к первой стадии. Следующим шагом было выделено генерирование G-кода, что подразумевает под собой деление или разрезание 3D-модели на сотни или тысячи горизонтальных слоев с помощью специализированного программного обеспечения. Предпоследний этап включает в себя основной процесс – это правильная калибровка и настройка принтера, затем сам процесс печати на принтере и контроль со стороны человека за отсутствием ошибок. Постобработка полученной детали считается завершающей стадией.



Рисунок 2 – Этапы печати на принтере с FDM технологией

Ознакомившись со статьями об основных проблемах 3D принтеров, можно выделить несколько категорий наиболее часто встречающихся [2]. Одна из них – это необходимость специальной подготовки кадров, так как на данный момент для работы с принтером нужны определенные знания и умения. Следующая проблема, которую стоит отметить – хрупкость

деталей, она связана с технологией производства, то есть наслоением материала друг на друга, из-за этого может образовываться неплотное соединение. Также одна из категорий – большой процент брака, связанный с разнообразными дефектами и другими техническими сложностями работы принтеров. На сегодняшний день низкие производственные скорости, обусловленные ограничениями самого оборудования, также являются нерешенной задачей в данной сфере. Отсутствие стандартизации, что приводит к сложностям в сбыте товара [3]. Необходимость в ручной постобработке, добавляет к и так долгому производству времени, а также отчасти нивелирует достоинства принтера в его автоматизации перед традиционными методами. Нерентабельность при больших объемах, ввиду указанных выше причин и не только.

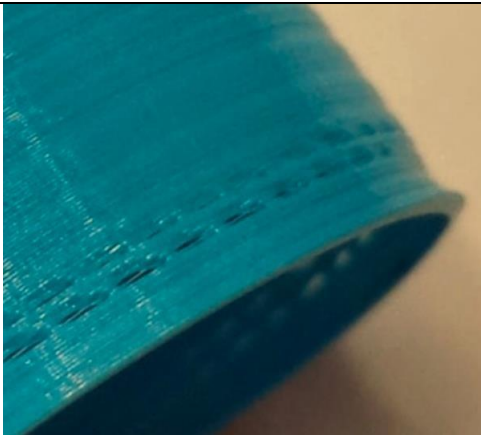
Некоторые из описанных проблем могут зависеть или как-то влиять друг на друга, что указывает на важность решения каждой для общего усовершенствования сферы 3D печати.

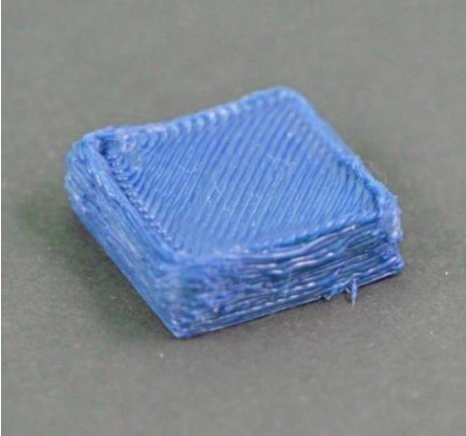
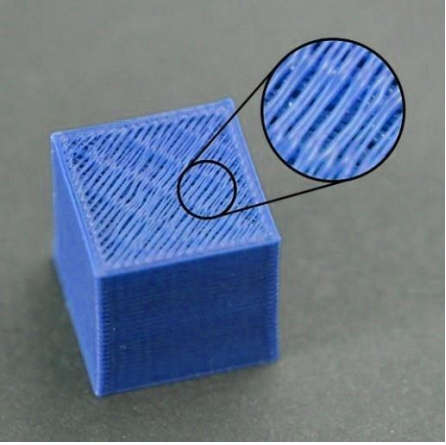
В данной публикации стоит задача более подробно исследовать одну из вышеуказанных проблем, это дефекты, которые образуются в результате печати по различным причинам, о которых будет описано позже.

В общем смысле дефект – это отдельное несоответствие параметров (свойств) продукции, возникшее на стадии изготовления или монтажа (изделия или конструкции) требованиям, установленным проектом, нормативным или рекомендательным документом. [4]. Если проецировать на 3D-печать, то данный термин можно расписать, как внешние несоответствия созданной детали к идеальной цифровой модели объекта, не удовлетворяющих требованиям заказчика или потребителя.

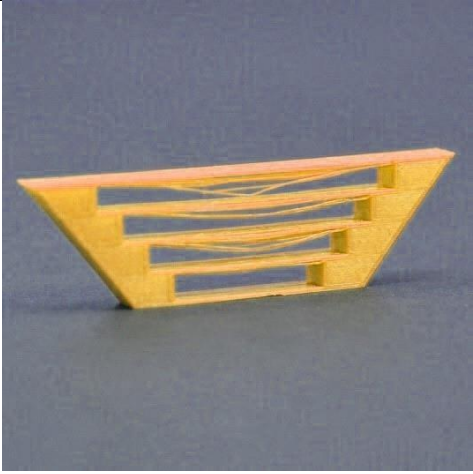
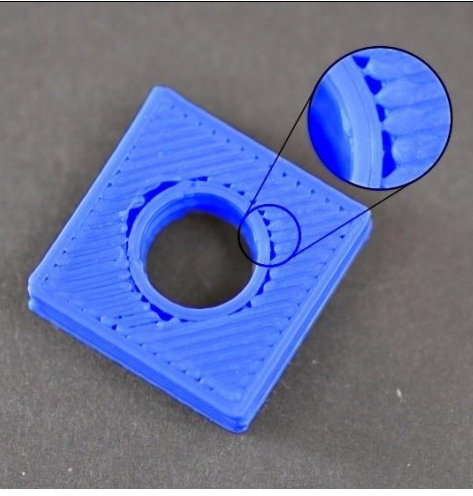
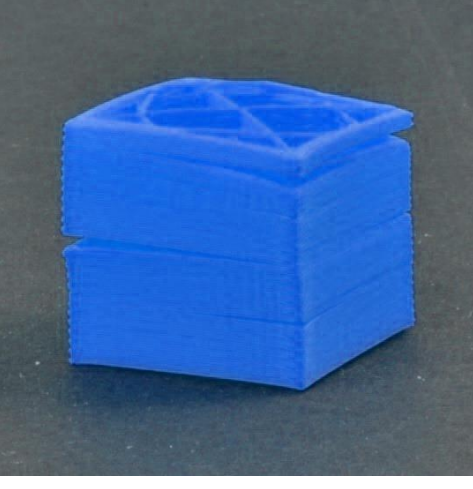
Возможные виды деформаций, появляющихся на печатающихся деталях, с их описанием представлены в таблице 1.

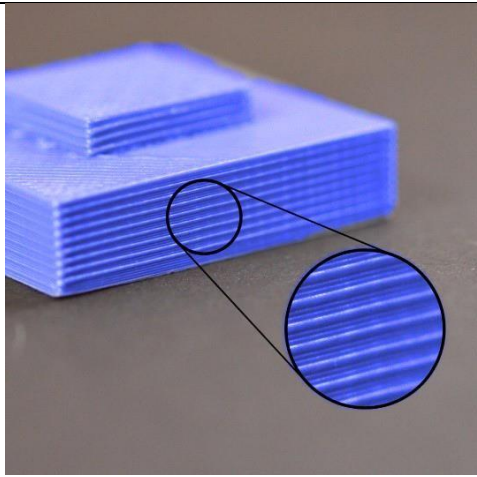

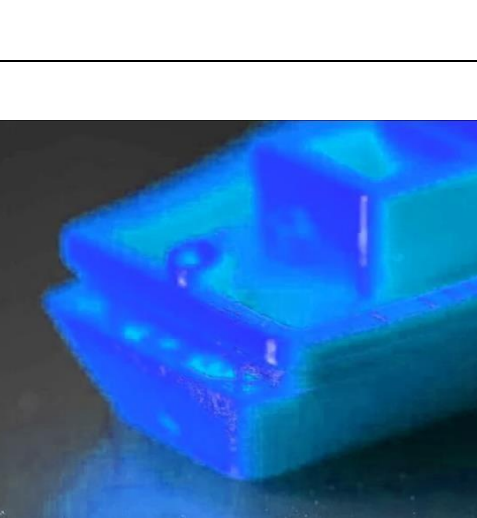
Таблица 1 – Дефекты 3D-печати

Изображение	Название	Описание
	Недостаточная экструзия	Данная проблема проявляется как наличие зазоров между последовательными выдавливаниями, это может быть связано с тем, что расходного материала, то есть пластика, на выходе из

		сопла меньше, чем заложено в ПО
	Чрезмерная экструзия	Подобная экструзия выражается испорченными размерами напечатанного объекта, по причине выдавливания большего количества пластика, чем это прописано в программном обеспечении
	Перегрев	Перегрев случается из-за неправильного соответствия температур нагрева пластика и последующего охлаждения уже готовой детали
	Пробелы в верхних слоях	Данная проблема может отсылать к уже описанной выше, то есть недостаточной экструзии, но также вероятность появления в верхних слоях пробелов может быть связана с недостаточным процентом заполнения, а также малым количеством верхних сплошных слоев

	<p>Просачивание материала</p>	<p>Дефект просачивания выглядит как остатки небольших полосок пластика, или как еще называют ниток, на напечатанной детали. Зачастую такое случается по причине просачивания экструдированного материала из сопла во время передвижения экструдера на новое положение</p>
	<p>Пятна на поверхности</p>	<p>Пятна на поверхности изделия появляются из-за сложностей точного соединения двух слоев между собой</p>
	<p>Искривление</p>	<p>Как видно на изображении деформации в большей степени подвергается нижняя часть модели, в основном такое случается с большими деталями, из-за усадки при охлаждении раньше, прежде чем вся деталь напечатана</p>

	<p>Плохое соединение</p>	<p>По-другому еще называется провисание, которое образуется при печати мостов, при этом принтер должен быть правильно откалиброван</p>
	<p>Разрывы между заполнением и контуром</p>	<p>Неполное заполнение – это означает, что используются разные шаблоны заполнения у контура и заливки фигуры</p>
	<p>Разделение слоев</p>	<p>Разделение слоев и отсутствие должного склеивания может быть связано со слишком большой высотой слоя, а также низкой температурой печати</p>

	<p>Линии на стороне печати</p>	<p>Заметные линии на стороне печати, вместо монолитности модели, то есть происходит несоответствие и несовпадение каких-либо настроек при печати различных слоев</p>
	<p>Щели в тонких стенах</p>	<p>Данная разновидность проблем происходит вследствие того, что сопло принтера имеет фиксированный размер и это приводит к сложностям при печати очень тонких стенок, лишь незначительно больше диаметра сопла</p>
	<p>Сдвиг слоя</p>	<p>Так как большинство принтеров не имеют данных о расположении головки в конкретный момент времени, в результате непредвиденных обстоятельств принтер может сместиться в новое положения, не выявив этого и продолжить работать из нового места</p>

Описанные дефекты требуют устранения, так как они приводят к перерасходу пластика, затрат энергии, времени и т.д. Но полное их предотвращение тяжело осуществимо, ведь различные деформации могут изменяться от детали к детали, ввиду различных геометрических параметров, не все принтеры могут иметь необходимые настройки, чтобы

устранить большинство дефектов, к тому же не все можно учесть, так как достаточно много нюансов в процессе печати, поэтому для уменьшения последствий необходим контроль за процессом.

На сегодняшний день принтеры все еще требуют контроля во время печати, в том числе, в связи с этим все 3D принтеры с FDM технологией производятся с возможностью наблюдения за процессом, чтобы можно было вовремя заметить ошибку. Но и это не всегда спасает и даже тотальный контроль в некоторых случаях приводит к дефектам, так как человек не сразу может заметить ошибку, иногда она заметна только по окончанию печати. Да и сам процесс постоянного контроля очень затруднителен, ввиду этого появляется необходимость в различных автоматизированных вариантах контроля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 3D-принтер / Интернет-энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80> (дата обращения 25.11.2021)
2. Five of the Biggest Challenges Facing Manufacturers in 3D Printing / Apple Rubber [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.applerubber.com/blog/5-of-the-biggest-challenges-facing-manufacturers-in-3d-printing/> (дата обращения 25.11.2021)
3. Саушкин, С. О. Правовые проблемы использования 3D - принтеров // Законность в современном обществе: сборник статей Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 10 мая 2016 года. – Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2016. – С. 216-218.
4. Дефект / Словарь-справочник терминов нормативно-технической документации / Электронный словарь-энциклопедия «Академик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://normative\\_reference\\_dictionary.academic.ru/15535/%D0%B4%D0%B5%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82](https://normative_reference_dictionary.academic.ru/15535/%D0%B4%D0%B5%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82) (дата обращения 26.11.2021)