

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ FDM ПЕЧАТИ

Полех Е.С.¹, Кухта М.С.²

¹ ТПУ, ИШНПТ, 4НМ21, e-mail: poshleevha@mail.ru

² ТПУ, отделение машиностроения, профессор, e-mail: kuhta@tpu.ru

Аннотация

В статье рассматриваются примеры ошибочного дизайн-проектирования моделей, изготавливаемых методом FDM печати. Для оптимизации 3D-печати, с целью сохранения качества получаемых изделий, приведены рекомендации по устранению исследуемых ошибок моделирования.

Ключевые слова: дизайн; аддитивное производство; FDM печать; 3D-принтер.

Введение

Появление аддитивных технологий обеспечило возможность изготавливать принципиально новые и сложные детали. FDM-печать, является наиболее экономичным способом производства нестандартных термопластичных деталей и прототипов. Для каждого изделия необходимо обеспечить условия изготовления с минимальными затратами времени и материала. Для эффективного использования метода FDM печати необходимо обладать профессиональными навыками работы со специальным оборудованием – 3D-принтерами. На качество печати оказывают влияние множество различных факторов: особенности принтера, параметры печати, качество материала, внешние факторы [1].

Другая существенная причина, из-за которой напечатать геометрию будет сложно, это конструктивные особенности исходной модели. При дизайн-проектировании любого изделия необходимо понимать особенности его производства конкретным методом. Если техническое задание предполагает использование аддитивных технологий (FDM печать), важно заранее адаптировать модель на этапе моделирования под данный метод [2]. Целью данного исследования является получение наиболее качественной и эффективной 3D-печати изделий методом FDM при правильном дизайн-проектировании модели. Задачи, которые необходимо было выполнить для достижения цели работы:

- Анализ дизайна 3D-моделей различной конструкции.
- Выделение самых частых ошибок в конструкции изделий на этапе моделирования.
- Предложение различных способов решения выявленных проблем: на этапе изготовления и проектирования.

Основная часть

Рассмотрим некоторые ошибки при проектировании, которые снижают качество изготовленного изделия на 3D-принтере:

1) *Толщина стенки.* Если в конструкции модели есть стенки, которые необходимы только для ограничения внутреннего пустого пространства, то излишняя толщина этих стенок приводит к неэффективной печати и к лишнему использованию материала. Для обеспечения оптимальных результатов узкая стенка не должна иметь зазоров между двумя сторонами [3]. Наличие зазоров означает меньшую ударопрочность обеих стенок, поскольку они не могут усиливать друг друга из-за зазора между ними (рис. 1). Большое заполнение детали, конечно, может помочь решить эту проблему, но это увеличивает время печати и расход материала.

Другой способ - увеличить количество слоев стенок, но это также приводит к большему количеству расходного материала. Если на изделие не воздействуют значительные нагрузки, то на этапе проектирования детали необходимо учитывать толщину стенки. Оптимальным значением является толщина стенки, равная 16-20 мм для сопла диаметром 0,4-0,5 мм соответственно (рис. 2). Эта толщина соответствует 2 линиям стенки. Детали, сконструированные таким образом, обеспечивают прочность во многих случаях применения, минимизируют время и затраты пластика на изготовление.

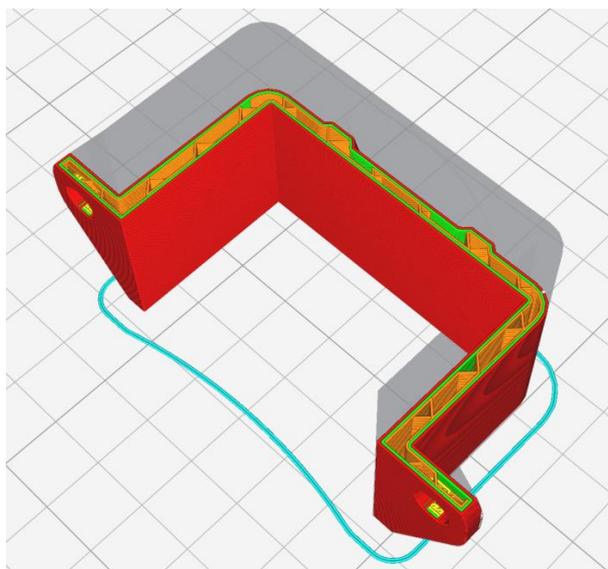


Рис. 1. Держатель удлинителя с большим зазором в стенке

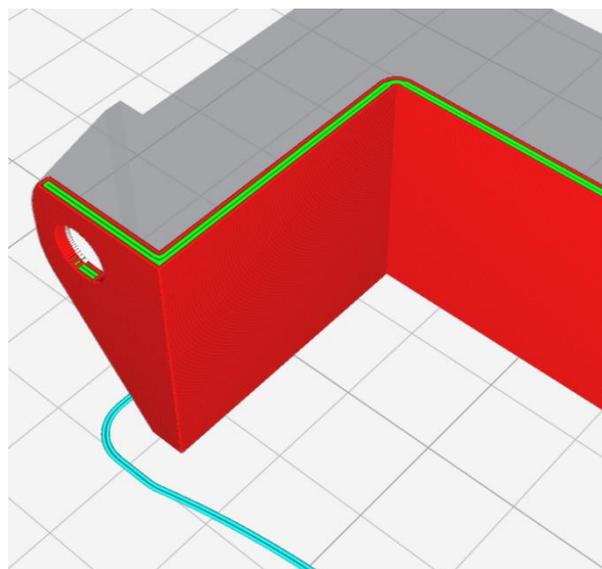


Рис. 2. Держатель удлинителя со стенкой 1,6 мм

2) *Скругленные поверхности.* Искривленная геометрия, обращенная к плоскости рабочего стола 3D-принтера, не дает качественного результата печати (рис. 3). Применение такого геометрического элемента приводит к тому, что во время печати эти слои опускаются вниз и вызывают цепную реакцию так, что под последующими слоями также не остается материала. Часто это просто вопрос замены закругленных углов на фаски менее 40 градусов. Скругление кромок эстетически приятнее выглядят в дизайне цифрового файла, но после печати они выглядят уже совсем иначе. Простым решением этой проблемы является замена закругленных углов на фаски под углом 40 градусов.

Многие модели создаются благодаря имитации существующей конструкции, оптимизированные для изготовления другим способом, например, литьем под давлением (рис. 4) [4]. Чаще всего данные детали оказываются не адаптированными под FDM печать.

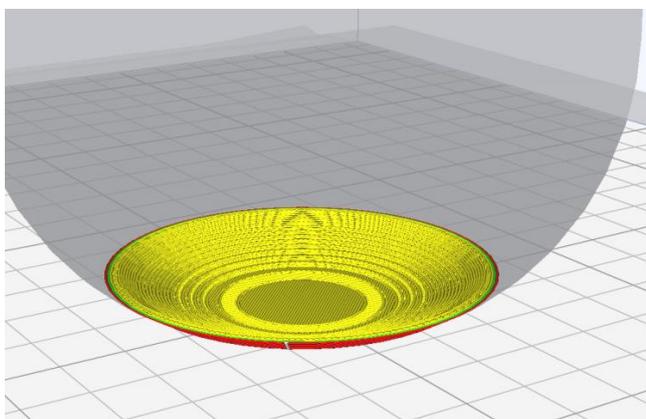


Рис. 3. Скругление на основании детали

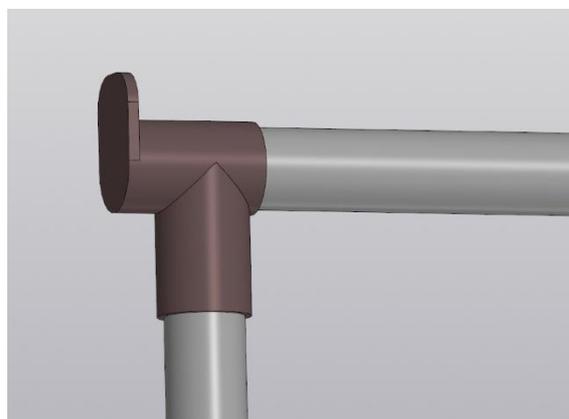


Рис. 4. Уголок

Если существует возможность отклониться от первоначального дизайна изделия, возможно легко и быстро достичь качественной печати. Первый способ представляет из себя создание хотя бы одной плоской поверхности, на которой будет возможно напечатать деталь (рис. 5). Это сделает деталь прочнее, но в следствии такого приема возникает недостаток в виде крутого выступа в верхней части цилиндра. Данный способ применим, если в сечении цилиндра допускается отклонение круглости [5]. Другой способ предполагает создание плоской области, позволяющей напечатать деталь под углом (рис. 6). Это обеспечивает сохранение цилиндрической формы, и в деталь вносятся меньшие изменения.

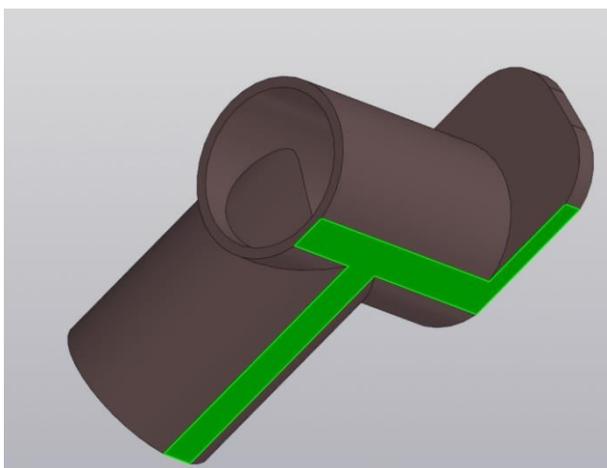


Рис. 5. Плоская поверхность для печати

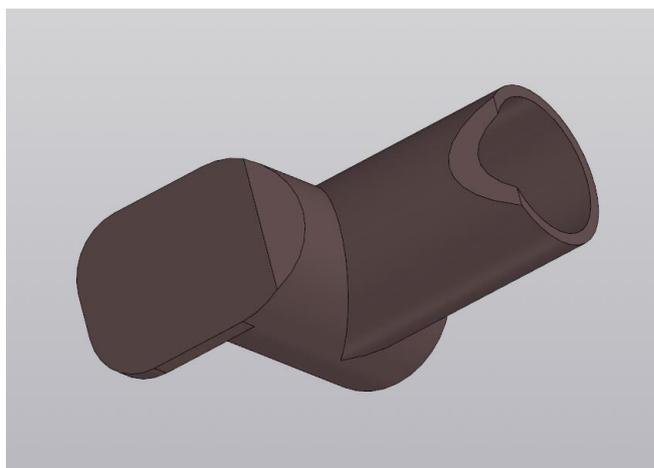


Рис. 6. Плоская поверхность для печати детали под углом

3) *Отсутствие оптимальной ориентации модели.* При трехмерной печати ориентация изделия является одним из самых важных дизайнерских решений, которое необходимо учитывать при создании детали. Именно это определяет разницу между деталями, которые сохраняют свою прочность в течении многих лет и теми, которые разрушаются при минимальной нагрузке.

В качестве наглядного примера приведена модель вешалки для ключей (рис. 7). Конструкция вешалки – еще один пример, когда знакомая привычная форма была превращена в 3D-модель, полностью игнорируя производственный процесс [6]. Для печати такой модели необходимы поддержки, а также самое слабое место находится прямо у основания крючка, если печатать его, как показано на рисунке 7. Круглый крючок имеет шероховатую ступенчатую поверхность даже с поддерживающими структурами. Если оставить дизайн изделия неизменным, то необходимо менять ориентацию детали – перевернуть конструкцию на боковую поверхность. Но в данном случае будет добавлено много вспомогательного материала в виде каймы для обеспечения адгезии первого слоя и поддерживающих структур.

Другим решением этой проблемы является изменение формы крючков, располагая их под углом 40-65 градусов. Это не делает крючки прочнее, но позволяет напечатать их без поддержек. Для дополнительной прочности предложено добавить прямой участок, который можно укрепить металлическим винтом сзади. При добавлении резьбы в модели и дополнительного усиления, крючок становится практически невозможно отломать у основания.

Самый быстрый и дешевый способ сделать вешалку прочной – напечатать крючки отдельно, расположив их на боковую грань (рис. 8).

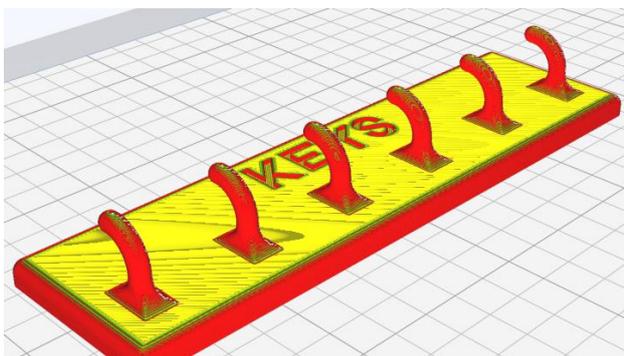


Рис. 7. Вешалка для ключей

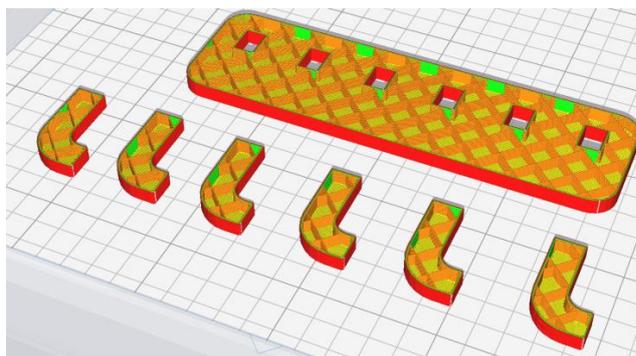


Рис. 8. Плоская поверхность для печати детали под углом

В основании предусмотрены квадратные отверстия, в которые будут вставляться крючки. Вместо цилиндрической формы предпочтение отдается прямоугольному сечению с фасками. Это также позволяет упростить попадание в пазы на основании. Для того, чтобы крючки вошли в отверстия, необходимо точно понимать допуски вашего принтера, либо допускать возможную последующую

механическую постобработку. Данные решения на этапе дизайн-проектирования обеспечивают изделию прочность и долговечность.

Заключение

На этапе дизайн-проектирования любого изделия необходимо понимать особенности его производства конкретным методом. Нельзя допускать игнорирование производственного процесса.

При использовании технологии FDM печати, необходимо:

- Учитывать конструктивные особенности исходной модели;
- Прогнозировать ориентацию модели с учетом расположения слоёв печати для получения наиболее эффективного результата;
- Принимать необходимые дизайнерские решения, позволяющие адаптировать модель под данный метод (например, разделение модели на составные части).

Данные решения на этапе моделирования облегчают печать, обеспечивают изделию высокое качество изготовления, требуемую прочность и долговечность при малой затрате времени и материала.

Список использованных источников

1. Василенко Е.В., Мурадова В.В. 3D-печать и ее применение в дизайне // MODERN SCIENCE. – 2021. – № 7-2. – С. 39–42.
2. Смирнов, М.А. FDM-технология: особенности применения, преимущества, недостатки / М.А. Смирнов, Н.О. Рыбкин, О.Л. Ксенофонтова // Сборник научных трудов вузов России "Проблемы экономики, финансов и управления производством". – 2021. – № 48. – С. 115-122.
3. Кондрашов С.В., Пыхтин А.А., Ларионов С.А., Сорокин А.Е. Влияние технологических режимов FDM-печати и состава используемых материалов на физико-механические характеристики FDM-моделей (обзор) // Труды ВИАМ. – 2019. – №10 (82). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologicheskikh-rezhimov-fdm-pechati-i-sostava-ispolzuemykh-materialov-na-fiziko-mehanicheskie-harakteristiki-fdm-modeley>
4. 3D печать и моделирование: основы, применение и будущее // Научные Статьи.Ру – портал для студентов и аспирантов. – Дата последнего обновления статьи: 05.11.2023. – URL: <https://nauchniestati.ru/spravka/3d-pechat-i-modelirovanie/>
5. Трошин А.А., Захаров О.В. Обзор технологических возможностей FDM-3D принтеров // Современные материалы, техника и технологии. – 2020. – № 1 (28). – С. 61-65.
6. Аддитивные технологии в современном искусстве и дизайне // 3D week. – URL: <https://3d-week.ru/additivnye-tehnologii-v-sovremennom-iskusstve-i-dizajne/>.