

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им.
В.И. Ульянова (Ленина)

Разработка приложения для послойной печати 3D принтером в G-Code с функцией предпросмотра

Выполнила:	Табунникова Надежда Романовна, гр. 5303
Руководитель:	Герасимова Тамара Владимировна, ст. преп. каф. МОЭВМ

Актуальность и исследуемая проблема

Научная новизна работы состоит в исследовании вопросов предпечатной подготовки 3D модели.

Практическая значимость работы состоит в том, что разрабатываемое приложение позволит подготавливать 3D модели для печати на 3D принтере.

- **Объект исследования** - преобразование 3D модели в G-Code.
- **Предмет исследования** - разработка приложения для операционной системы Windows для послойной печати 3D принтером в G-Code с функцией предпросмотра

Цель и задачи работы

Целью данной работы является проектирование и разработка приложения для операционной системы Windows для послойной печати 3D принтером в G-Code с функцией предпросмотра.

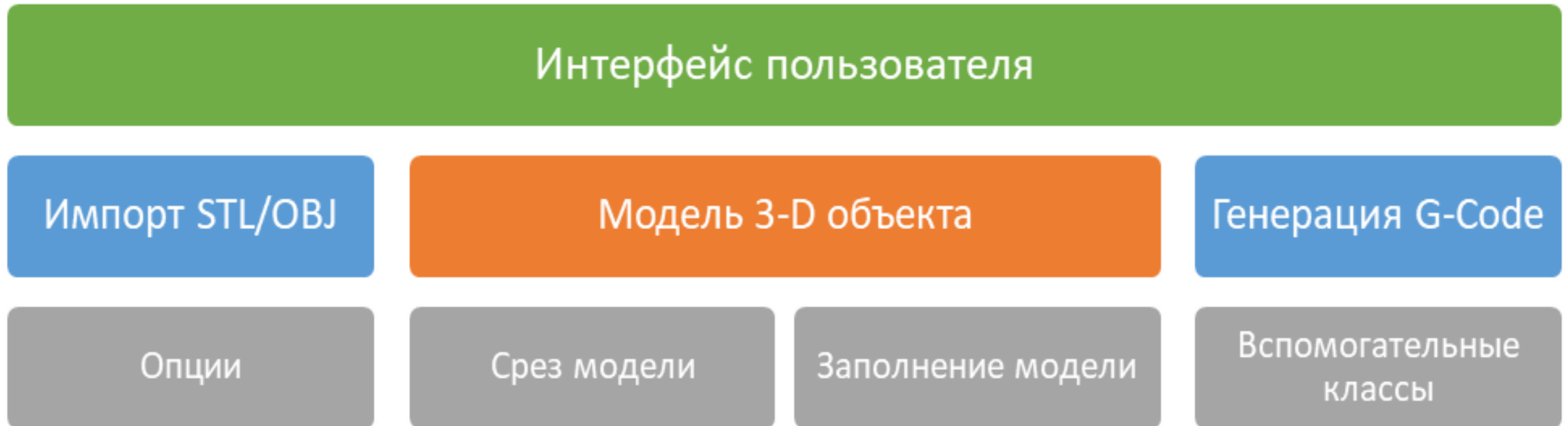
В процессе разработки необходимо решить следующие задачи:

- Импорт 3D модели из файлов формата STL и OBJ
- Визуализация модели, задание ее размеров и положения на столе принтера
- Построение сечения модели горизонтальной плоскостью
- Генерация заполнения внутренних областей модели
- Генерация G-Code и запись его в результирующий файл

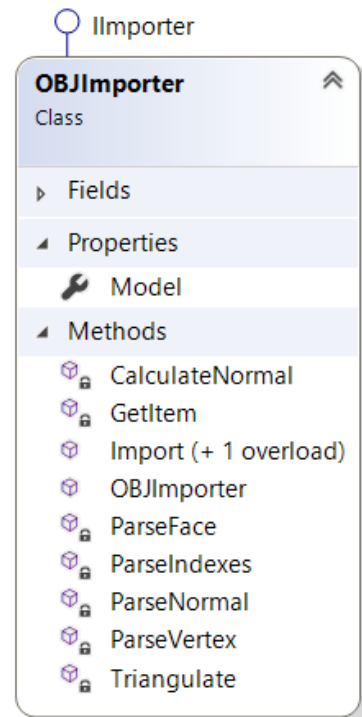
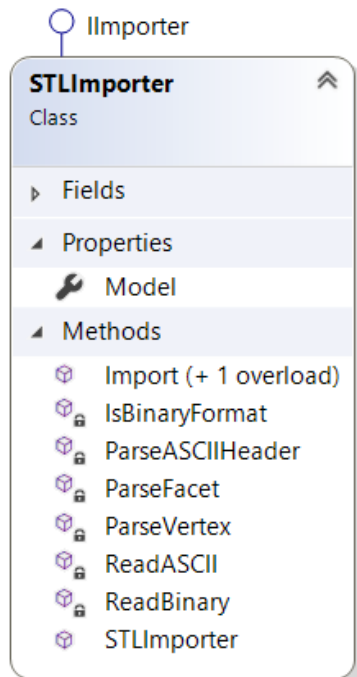
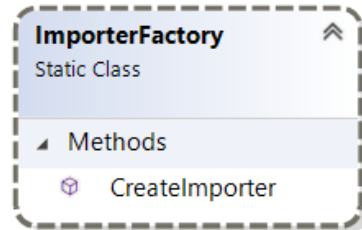
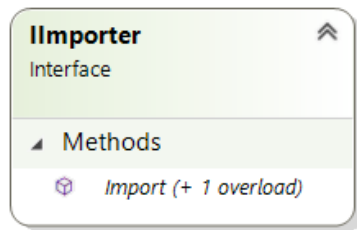
Выбранные для разработки средства

- Программа разработана на языке C# версии 6.0 в среде Microsoft Visual Studio Community 2017 версии 15.9.12 и представляет собой приложение Windows Forms
- Визуализация 3D модели реализована с использованием программного интерфейса OpenGL
- Модульные (unit) тесты выполнены с использованием MS Test Framework
- Дистрибутивный пакет программы создан с использованием технологии ClickOnce

Архитектура приложения

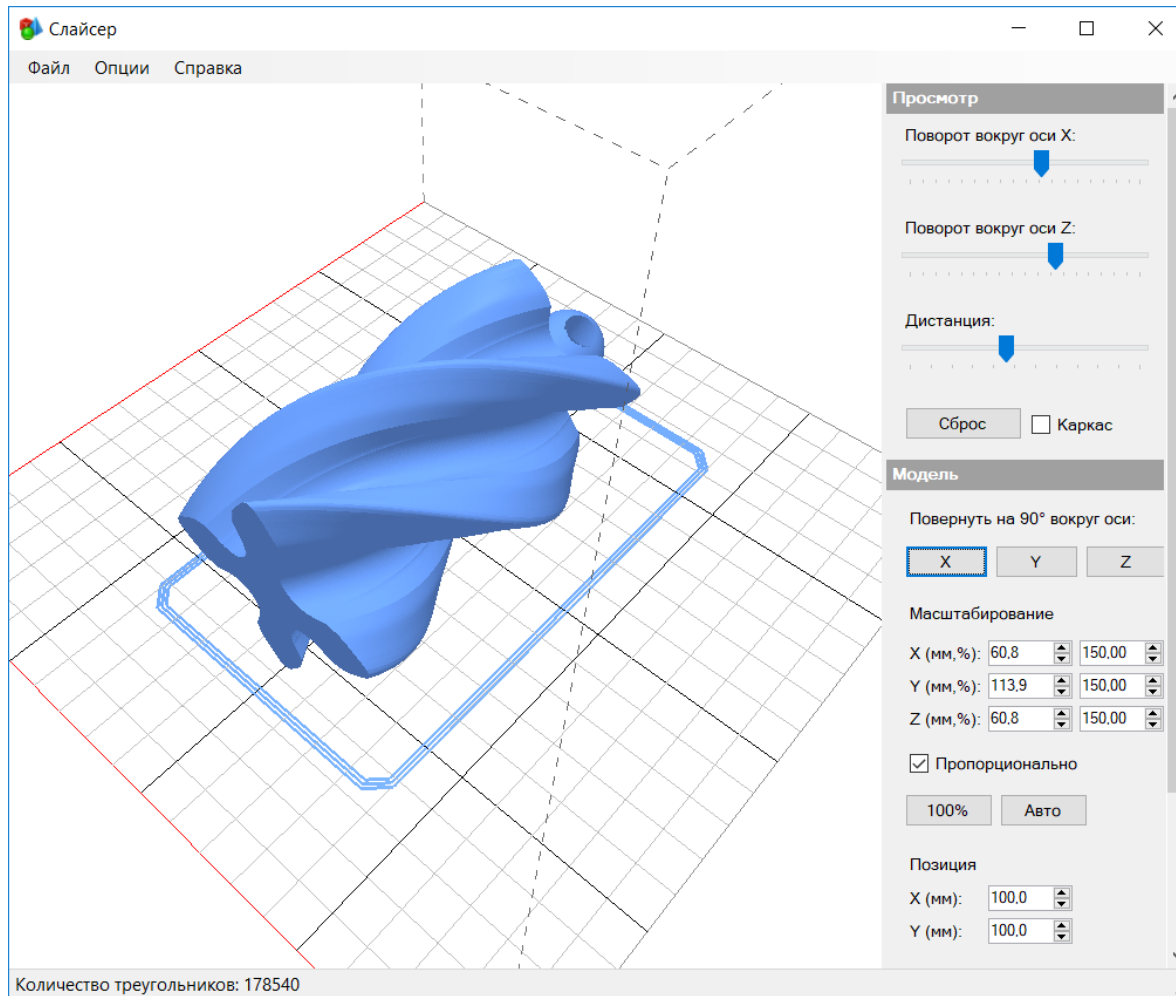


Импорт 3D модели



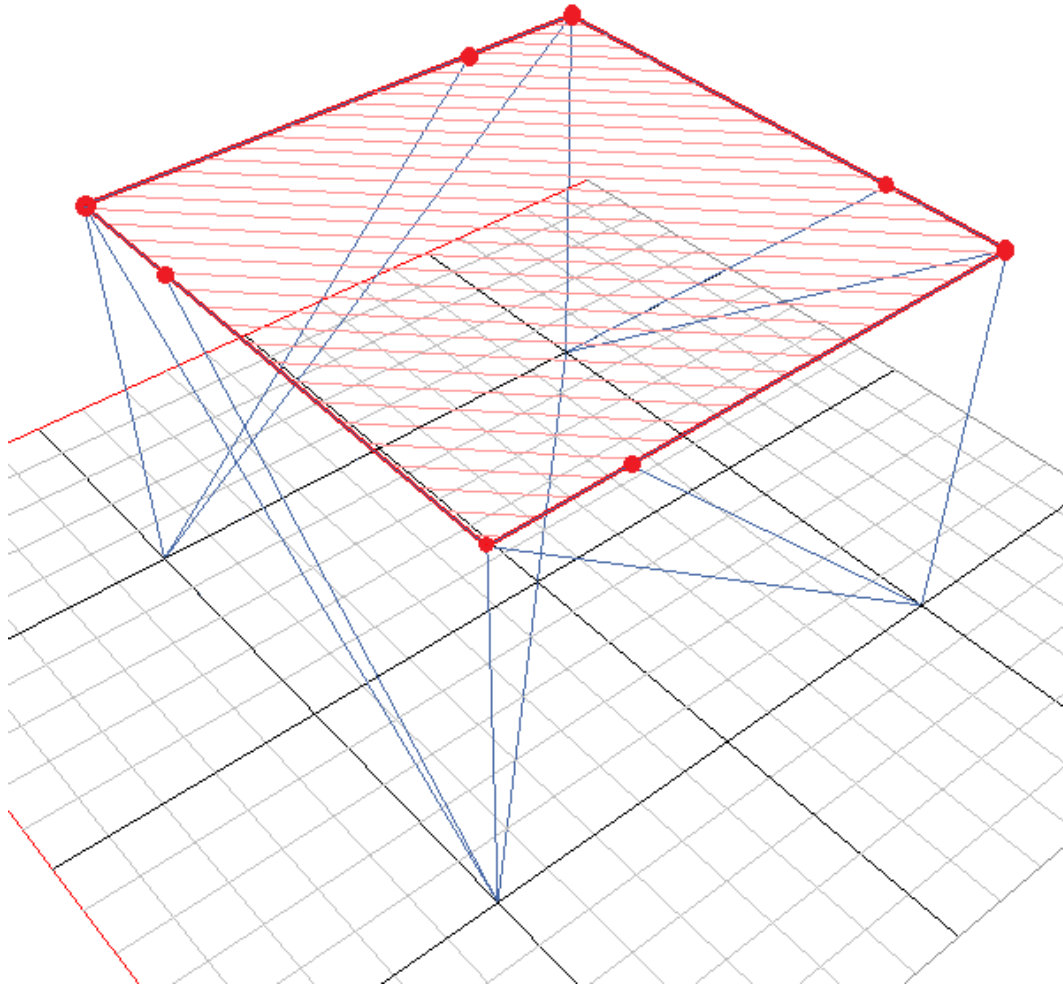
- Представление данных модели 3D объекта
- Архитектура подсистемы импорта
- Особенности файловых форматов STL и OBJ
 - Текстовый и двоичный STL
 - Тесселяция и восстановление нормалей при импорте OBJ
- Возможности расширения

Визуализация модели и настройка размеров



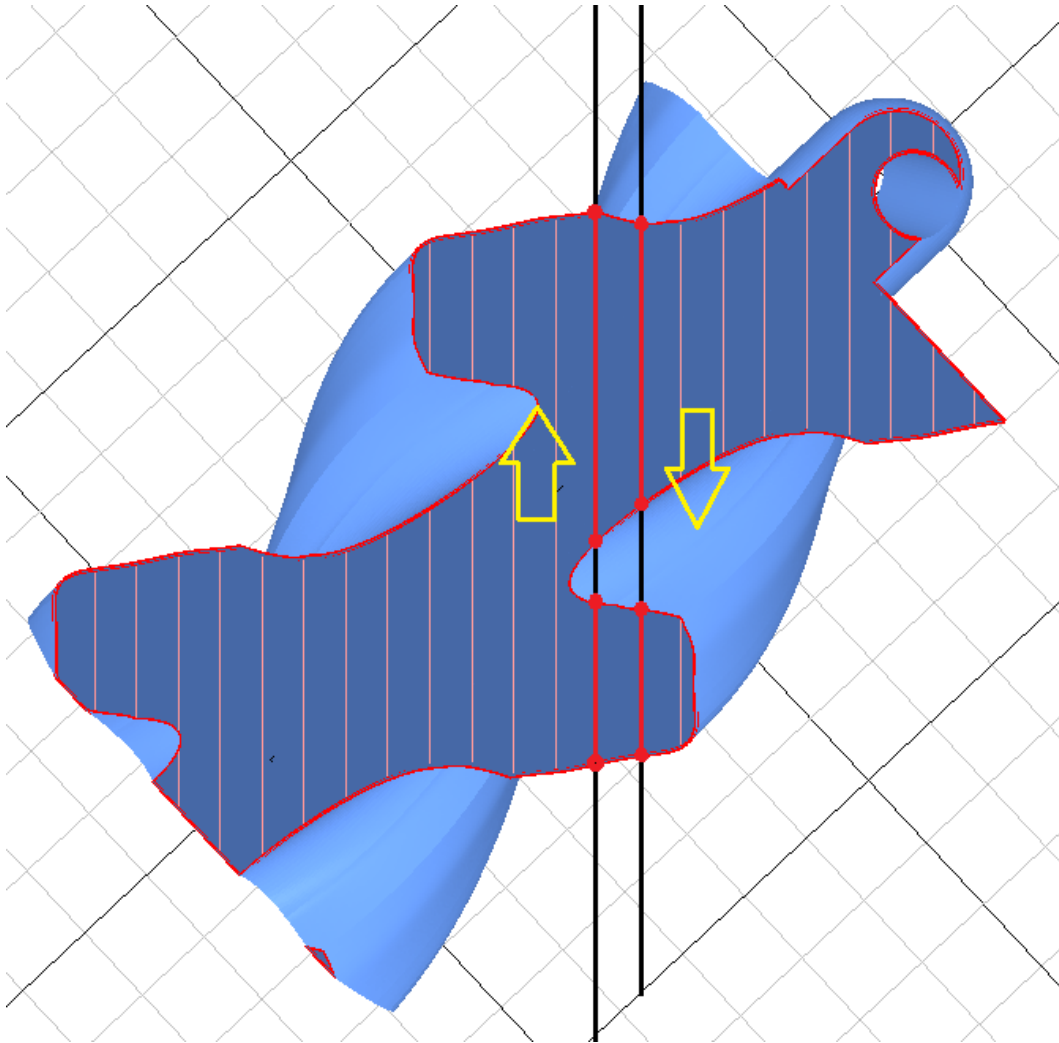
- Управление просмотром
- Повороты на 90 градусов
- Масштабирование/задание размеров
- Положение модели на столе

Построение контура среза модели



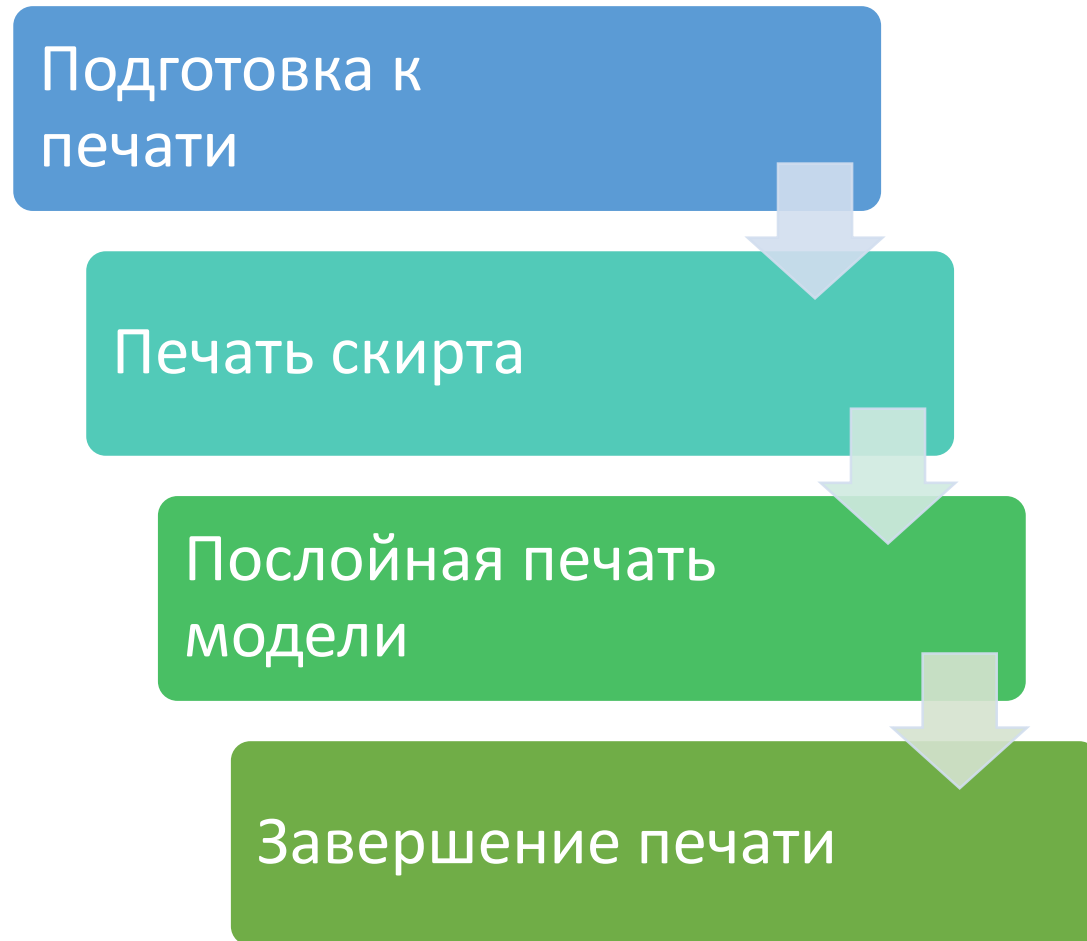
- Сечение треугольных граней горизонтальной плоскостью
- Объединение отрезков в замкнутые контуры
- Исключение избыточных вершин

Генерация заполнения



- Поворот контура среза
- Поиск точек пересечения
- Сортировка массива точек (попеременно по возрастанию / убыванию ординат)
- Парно взятые точки образуют отрезки линий заполнения
- Обратный поворот линий заполнения

Генерация G-Code



- Заголовок файла
- Группа команд подготовки к печати
- Послойная печать
 - Внешние и внутренние стенки
 - Заполнение
 - Сплошные слои
- Группа команд завершения печати

Апробация работы

- «Разработка приложения для послойной печати 3D принтером в gcode с функцией предпросмотра» // Конференция ППС СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019
- «Разработка приложения для послойной печати 3D принтером в gcode с функцией предпросмотра» // Студенческая международная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ» номер LXXIV, 2019
- Репозиторий приложения
<https://github.com/FlashyFire/VKRSlicer>



Заключение

- В результате разработки данного приложения было произведено описание и анализ предпечатной подготовки, а также изучена необходимая информация.
- Были изучены и выбраны технологии для разработки приложения.
- Спроектирована и реализована архитектура приложения, а также разработано само приложение и модули, реализующие: загрузку 3D модели, отображение 3D модели, нарезку модели, генерацию G-Code, настройку программы.
- Выполнены отладка и тестирование программы.
- Разработано подробное описание реализованных классов и методов, а также описание установки, запуска и работы с программой.

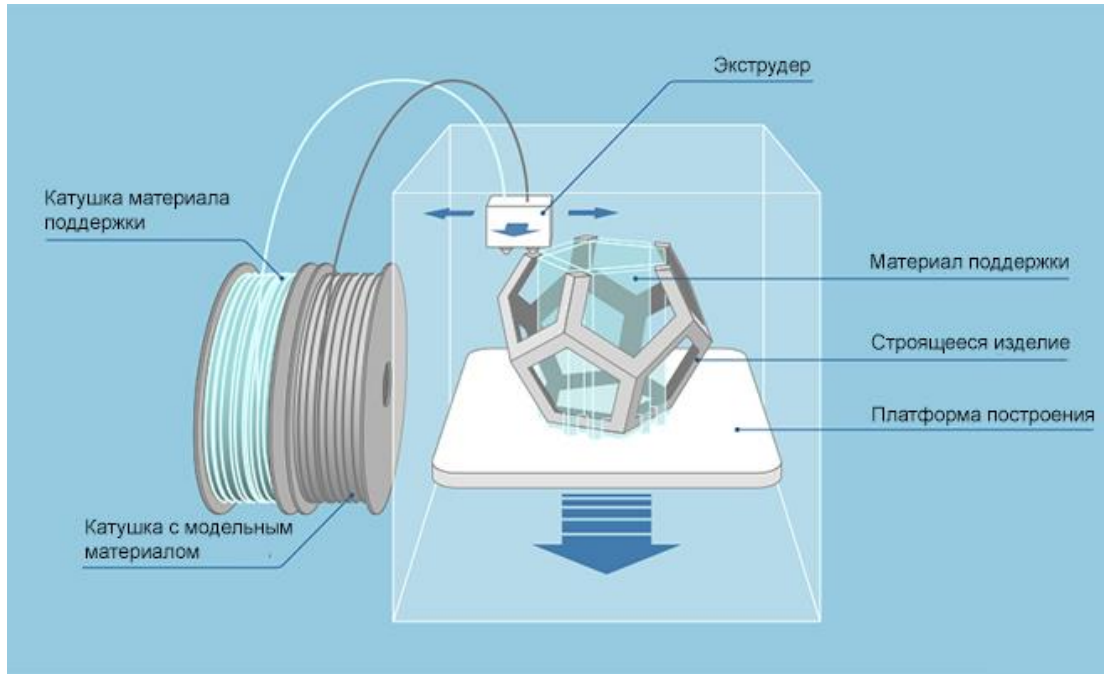
Направление дальнейшей разработки:

- Улучшение быстродействия программы для моделей с количеством граней до 1 миллиона
- Добавление новой функциональности, например автоматической генерации поддержек

Примеры напечатанных моделей



Схема работы 3D принтера



- Хотенд наплавляет пластик на платформу построения, в зависимости от конструкции перемещается по осям X Y или X Z
- Платформа построения может иметь или не иметь подогрев и передвигаться по оси Z или Y соответственно
- Экструдер отвечает за подачу пластика в хотенд, в G-Code подача пластика представляется четвёртой координатой

Основные определения

- 3D печать или «аддитивное производство» – процесс создания трехмерных объектов на основе 3D модели.
- 3D принтер – станок с программным управлением, выполняющий построение детали аддитивным способом.
- ОС – операционная система.
- 3D модель – объёмное цифровое изображение объекта.
- STL – формат файла, используется для хранения трёхмерных моделей объектов для использования в аддитивных технологиях. Информация об объекте хранится как список треугольных граней, которые описывают его поверхность, и их нормалей, существует двоичный или текстовый вид записи.

Основные определения

- OBJ – формат данных, который содержит только 3D геометрию: позицию каждой вершины, связь координат текстуры с вершиной, нормали для вершин, а также параметры, которые создают полигоны.
- G-Code – условное именование языка программирования устройств с числовым программным управлением (ЧПУ).
- FDM – технология 3D печати, основанная на послойном наплавлении модели.
- Филамент – пруток пластика, использующийся для печати.
- Экструдер – механизм подачи пластика.
- Хотэнд – печатающая головка принтера, задача которой наплавливать пластик на модель.
- Слайсер – общее название программ для подготовки модели к печати.
- Слайсинг – процесс подготовки модели к печати.

Функциональность программы

- Загрузка 3D модели из форматов STL и OBJ;
- Предпросмотр загруженной модели;
- Изменение размеров модели и ее положения на столе принтера;
- Задание настроек печати, в том числе:
 - Размеров рабочей области принтера;
 - Рабочей температуры экструдера;
 - Рабочей температуры стола принтера;
 - Скорости и шага печати;
 - Параметров охлаждения рабочей области;
- Построение сечений горизонтальной плоскостью (слайсинг) модели с заданным шагом по оси Z;
- Генерация заполнения модели;
- Послойное отображение предпросмотра печати;
- Генерация G-Code и сохранение его в файл.

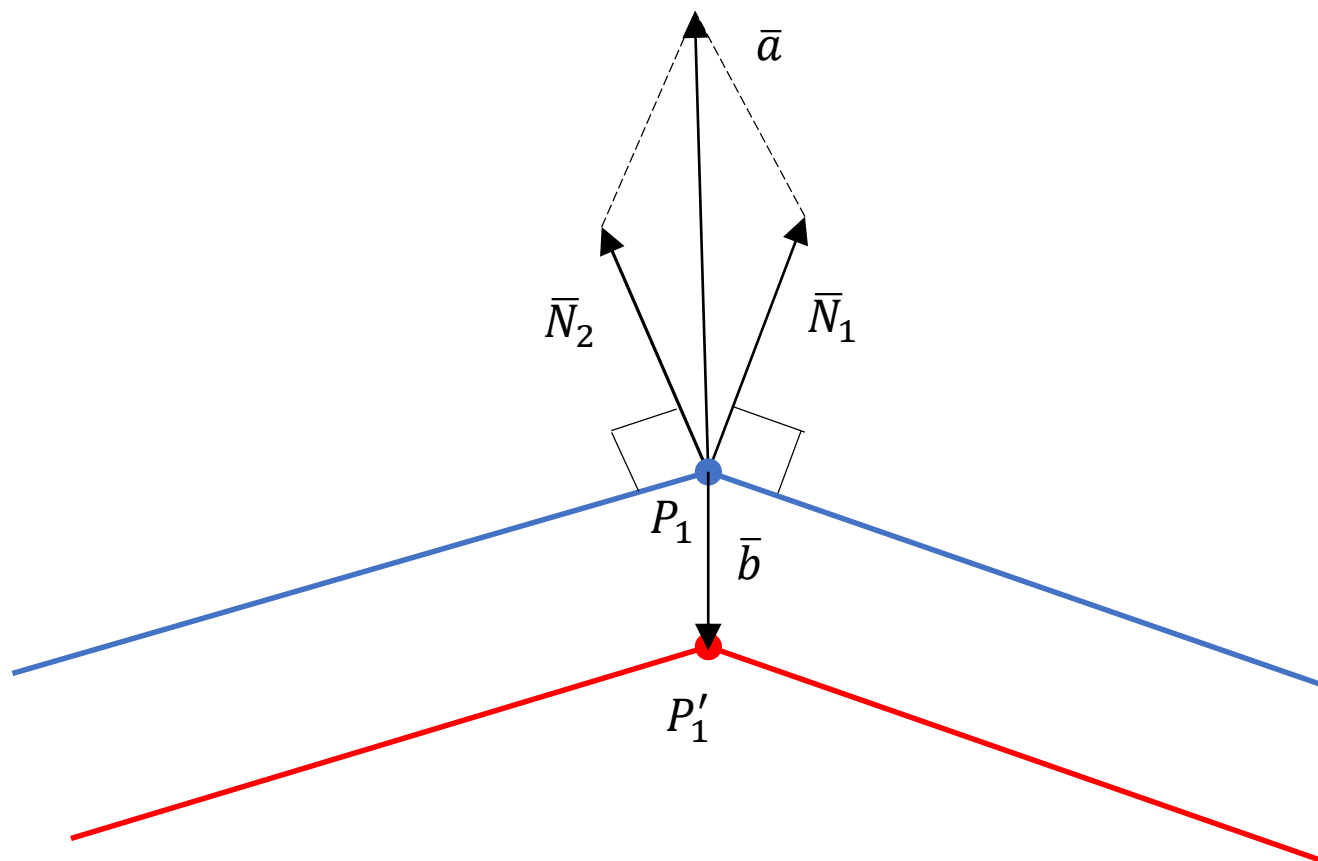
Архитектура приложения

Соответствующие классы распределены по папкам проекта и пространствам имен (name spaces), краткое описание которых приведено в табл. 3

Таблица 3 – Пространства имен и папки проекта

Пространство имен	Папка	Описание
SlicerProto.ObjectModel	ObjectModel	Классы внутреннего представления модели 3D объекта
SlicerProto.SliceModel	SliceModel	Срез модели (множество контуров, получаемых в результате сечения модели горизонтальной плоскостью)
SlicerProto.FillModel	FillModel	Заполнение модели (множество полигонов, получаемое в результате генерации заполнения), фабрики для генерации заполнения по срезу модели
SlicerProto.Import	Import	Классы, обеспечивающие импорт модели 3D объекта из файлов форматов STL и OBJ
SlicerProto.Export	Export	Классы, обеспечивающие генерацию G-Code и запись его в файл
SlicerProto.Options	Options	Настройки программы
SlicerProto.Utils	Utils	Вспомогательные классы
SlicerProto	-	Классы визуальных форм и диалоговых окон пользовательского интерфейса

Расширение/сдвиг контура



- Для каждой точки контура вычислить векторную сумму нормалей соседних участков
- Вектор сдвига – скалярное произведение полученного вектор на дистанцию