

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОННИКИ (ТУСУР)

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

РАЗРАБОТКА ПЛАГИНА «ПОРИСТАЯ СТРУКТУРА» ДЛЯ САПР
«AUTOCAD»

Пояснительная записка по дисциплине «Основы разработки САПР»

Выполнил:

Студент гр. 580-2

_____ А.А. Иванов

«__» _____ 2023 г.

Проверил:

доцент каф. КСУП

_____ А.А. Калентьев

«__» _____ 2023 г.

Оглавление

Введение	3
1 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ	4
2 ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	5
3 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ И СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ.....	6
4 НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАГИНА	7
5 ОБЗОР АНАЛОГОВ.....	8
6 ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ.....	9
7 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	12
8 ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА.....	15
8.1 Функциональное тестирование.....	15
8.2 Модульное тестирование.....	17
8.3 Нагрузочное тестирование	19
Заключение.....	22
Список использованных источников.....	23

Введение

Автоматизация моделирования имеет огромное значение для развития науки, техники и производства в современном обществе. В настоящее время автоматизация – основной способ повышения производительности и эффективности труда инженерно-технических работников, занимающихся моделированием сложных устройств. Использование автоматизации в проектировании позволяет создавать все более сложные технические объекты и гибко реагировать на появление новых решений и технологий в той или иной области техники.

Производство пористых структур, как и другие производства, нуждается в моделировании и оценке физических свойств модели перед её производством. В современном мире стандартом является компьютерное моделирование при помощи систем автоматизированного проектирования (САПР)

Плагин для автоматизации создания модели пористых структур ускорит процесс моделирования, что позволит быстрее запустить производство.

1 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Основной целью является разработка плагина «Пористая структура» для системы автоматизированного проектирования (САПР) AutoCAD. Система должна быть выполнена в качестве встроенного плагина AutoCAD, который запускается непосредственно из САПР. У плагина должны быть изменяемые параметры: длина, ширина, высота, пористость и размер пор. В плагине должны проходить проверки значений, вводимых пользователем. Реализуемый плагин должен обеспечивать обработку ошибочных ситуаций, возникающих в процессе работы. При нажатии на кнопку «Построить» должна проходить проверка правильности ввода данных. Если данные некорректные, то должно отобразиться окно с ошибкой построения и введенные параметры не будут применены.

В рамках проекта были поставлены задачи:

1. Создание технического задания (07.10.2023);
2. Создание проекта системы (21.10.2023);
3. Реализация плагина (15.11.2023);
4. Доработка плагина, создание пояснительной записки (29.12.2023).

В процессе анализа задач были найдены следующие возможные проблемы, которые могут возникнуть при разработке плагина:

- Одновременная обработка нескольких исключений;
- Синхронизация данным между формой и Model.

2 ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Предметом проектирования является пористая структура.

Параметры структуры:

- длина моделируемой среды L (0,001 — 35мм; 1 — 35мм, если ширина или высота меньше 1мм);
- ширина моделируемой среды W (0,001 — 35мм; 1 — 35мм, если длина или высота меньше 1мм);
- высота моделируемой среды H (0,001 — 35мм; 1 — 35мм, если длина или ширина меньше 1мм);
- пористость I (0 — 50% от общего объёма моделируемой среды. Доля объёма порового пространства в общем объёме пористой среды);
- размер пор D (1 — 5мм. Диаметр отверстия).

На рисунке 2.1 показаны геометрические параметры пористой структуры

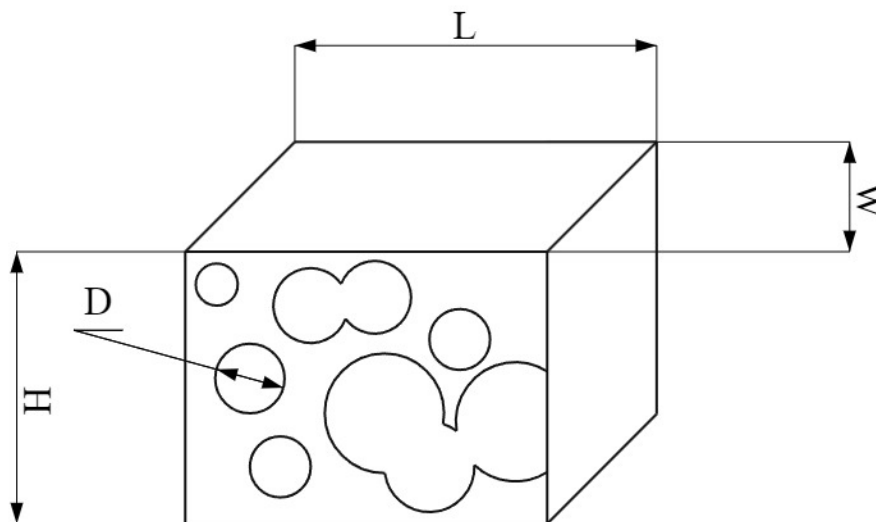


Рисунок 2.1 – Геометрические параметры пористой структуры

Дополнительным функционированием было случайное изменение размера пор. Изменение размера пор вычисляется по нормальному распределению, вычтенному из равномерного распределения. Диапазон изменения от -1 до 1 мм.

3 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ И СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ

В процессе разработки плагина использовались такие технологии как:

- WinForms;
- Object ARX;
- ReSharper;
- StyleCop.

Windows Forms — это платформа пользовательского интерфейса для создания классических приложений Windows. Она обеспечивает один из самых эффективных способов создания классических приложений с помощью визуального конструктора в Visual Studio. Такие функции, как размещение визуальных элементов управления путем перетаскивания, упрощают создание классических приложений.

В Windows Forms можно разрабатывать графически сложные приложения, которые просто развертывать, обновлять, и с которыми удобно работать в автономном режиме. Приложения Windows Forms могут получать доступ к локальному оборудованию и файловой системе компьютера, на котором работает приложение. В качестве платформы был использован .NET Framework. Платформа .NET Framework — это технология, которая поддерживает создание и выполнение веб-служб и приложений Windows [1].

Object ARX – это официальный API для системы автоматизированного проектирования AutoCAD. Написан на C++, но совместим с C#. Предоставляет классы и методы для построения моделей в приложении [2].

ReSharper – это дополнение, разработанное компанией JetBrains для повышения продуктивности работы с Microsoft Visual Studio [3].

StyleCop – это инструмент статического анализа кода с открытым исходным кодом от Microsoft. Проверяет код на соответствие рекомендуемым стилям кодирования и подмножеству руководящих указаний Microsoft по проектированию .NET Framework. Не позволяет скомпилировать приложение до тех пор, пока не будут соблюдены правила оформления кода [4].

4 НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАГИНА

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием пористых структур разных размеров и конфигураций. Благодаря моделированию пористой структуры, можно смоделировать её звукоизоляционные и теплоизоляционные свойства.

5 ОБЗОР АНАЛОГОВ

Прямых аналогов для данного плагина нет. Косвенные плагины реализовывают только часть требуемой функциональности.

Плагин GeoMESH предоставляет инструменты для создания и редактирования цифровых моделей рельефа и триангулированных нерегулярных сетей.

GeoMESH предоставляет команды для:

- Чтение точек местности из LAS и текстовых файлов;
- Генерация сетки для неравномерно распределённых точек местности;
- Генерация контурных линий;
- Создание шаблонов контурных линий;
- Строительство секций;
- Расчёт разницы объёмов между различными моделями местности [5].

На рисунке 5.1 представлен пользовательский интерфейс плагина.

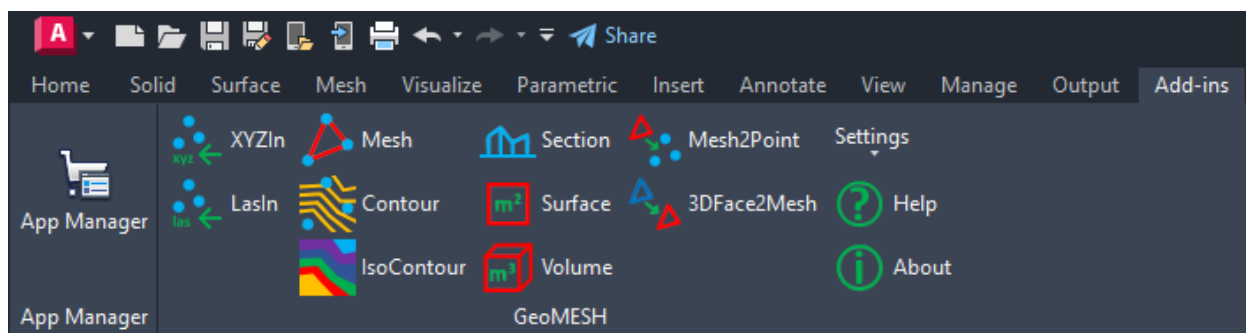


Рисунок 5.1 – Пользовательский интерфейс плагина GeoMESH

6 ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ

На рисунке 6.1 показана UML диаграмма классов после проектирования.

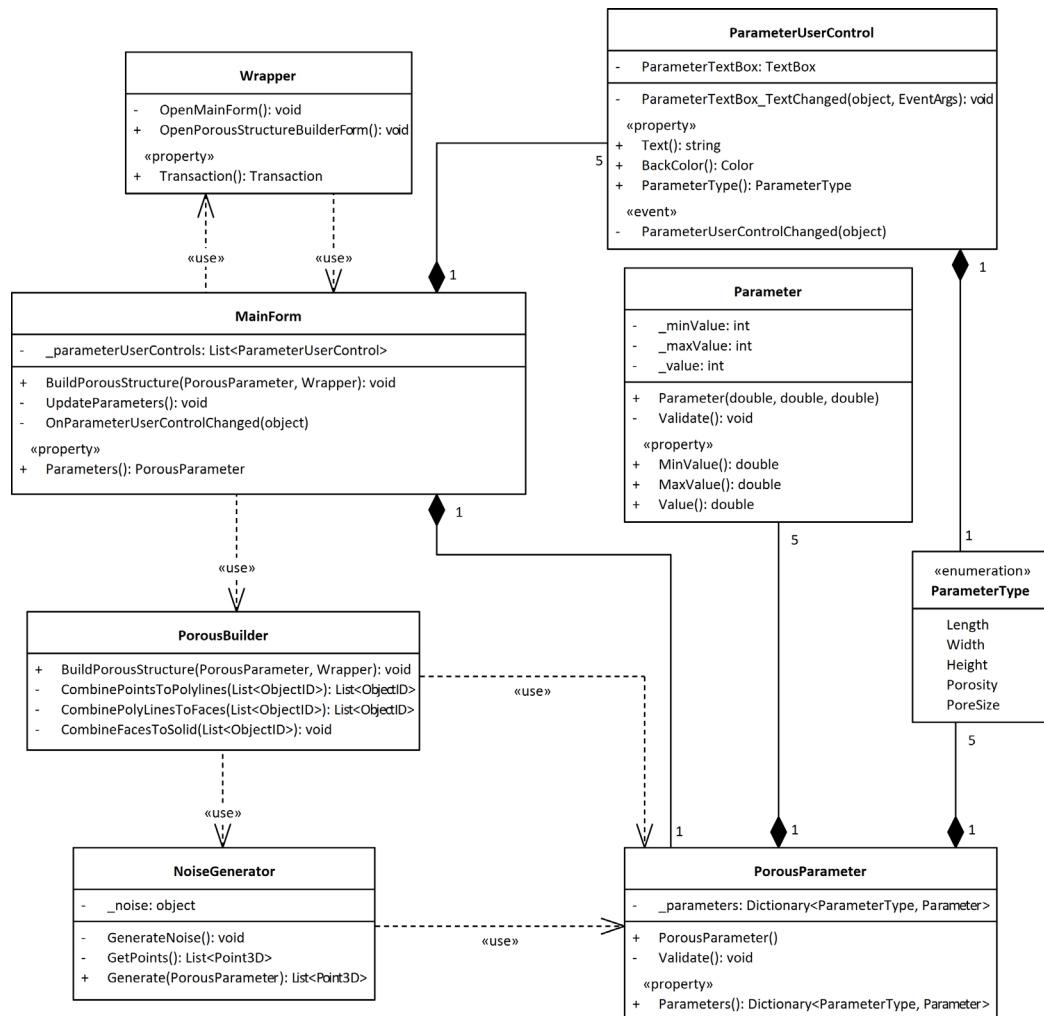


Рисунок 6.1 – UML диаграмма классов до реализации программы

На диаграмме представлены следующие классы:

- MainForm – связывает параметры и элементы управления;
- ParameterUserControl – шаблонный элемент управления для ввода значений;
- PorousBuilder – строитель структуры;
- Wrapper – класс, связывающий AutoCAD и плагин;
- Parameter – хранит и валидирует значения одного параметра;
- ParameterType – перечисление типов параметра;
- PorousParameter – хранит и валидирует все параметры вместе;

- NoiseGenerator – генерирует значения для отверстий.

В итоговом проекте созданы следующие сущности и методы, которые отображены на итоговой диаграмме классов (рисунок 6.2).

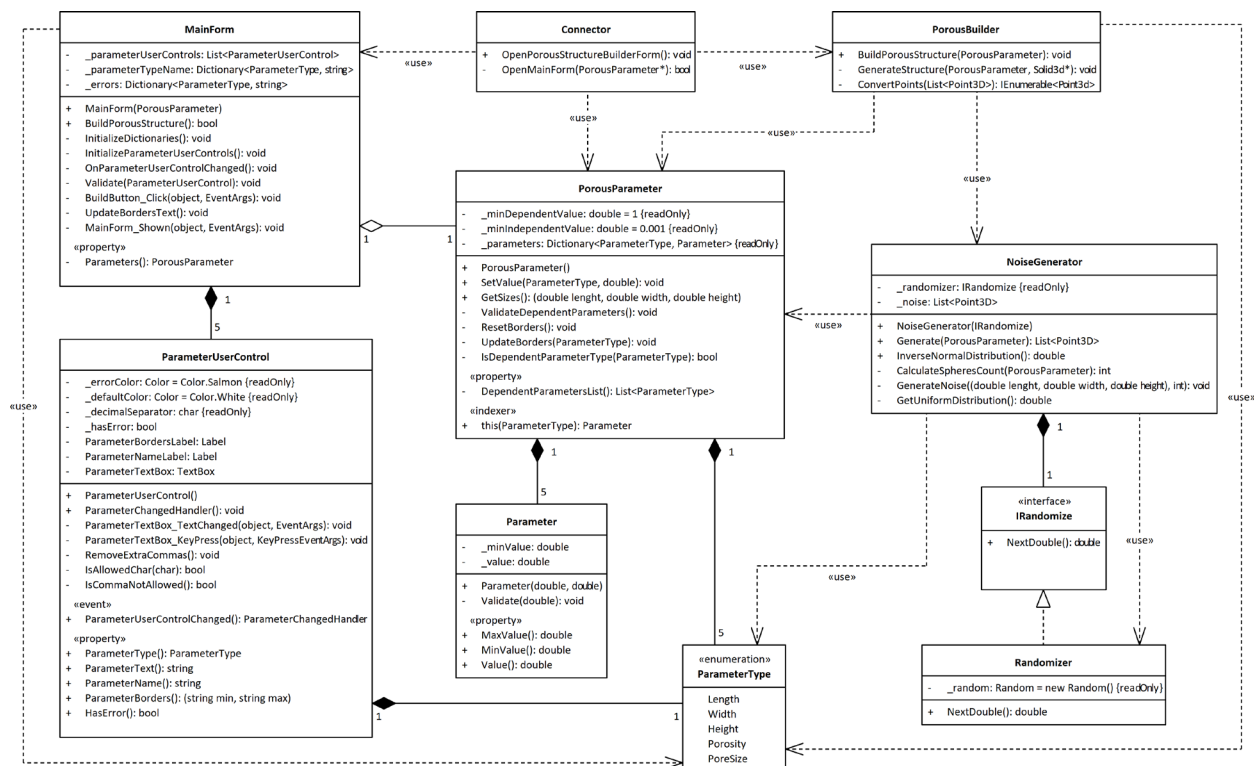



Рисунок 6.2 – UML диаграмма классов после реализации программы

При реализации системы были сделаны следующие архитектурные изменения:

1.  Connector заменил Wrapper потому, что эта сущность более точно описывает её функционал. Connector только связывает САПР и плагин, в то время как Wrapper оборачивает плагин вокруг САПР, который был запущен из самого плагина;
2. В MainForm добавлены словари с переводом параметров и сообщениями об ошибках. Словари с переводом понадобились из-за необходимости показывать пользователю на форме и в сообщениях об ошибках тип параметра на русском языке. Из-за удобства работы со словарём был добавлен словарь с сообщениями об ошибках, который стал заменой AggregateException, хранящим в себе список ошибок;

3. Метод кроссвалидации разделён на несколько отдельных методов. Изменение вызвано в целях избавления от повторения кода в условиях для проверки, а также разделения ответственности внутри метода;

4. Добавлены методы обращения к словарю. Для присвоения значения сделан метод, который вызывает кроссвалидацию после каждого обновления параметра. Индексация словаря нужна для уменьшения цепочки вызова доступа к параметру;

5. Добавлен интерфейс и класс для тестирования методов, использующий случайные числа. Тестирование элементов, меняющих значения от внешних обстоятельств, таких как сегодняшняя дата или генераторы псевдослучайных чисел, требуют подстановки фиктивных значений. Данный подход называется *mock testing*;

6. Изменён делегат события обновления значения в форме. В ходе реализации отпала необходимость в передаче объекта, вызвавшего событие;

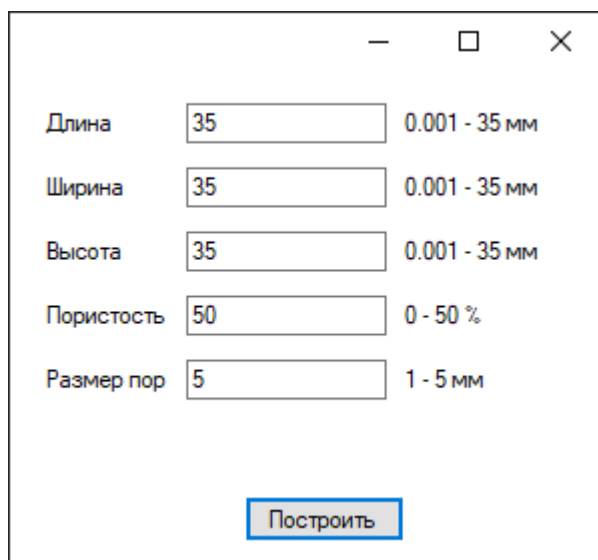
7. Заменено построение структуры с *mesh* на твердотельное моделирование. Сложность исполнения, а также триангуляция облака точек, последующая их полигонизация и объединение в поверхностный объект занимает много больше ресурсов памяти и времени, которые бы не укладывались в ТЗ;

8. Генератор шума был заменён на выдачу псевдослучайных чисел. В данном случае шумы больше подходят для генерации *mesh* объектов, но из-за трудности получения трёхмерных координат для центров шаров было решено каждую координату задавать отдельным псевдослучайным числом.

7 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Для начала работы с плагином пользователь должен загрузить файл библиотеки коннектора. После загрузки файла пользователю станет доступна команда POROUS, которая запускает плагин.

При открытии формы пользователю становится доступен ввод данных в элементы управления. Пользовательский интерфейс представлен на рисунке 7.1.



Длина	<input type="text" value="35"/>	0.001 - 35 мм
Ширина	<input type="text" value="35"/>	0.001 - 35 мм
Высота	<input type="text" value="35"/>	0.001 - 35 мм
Пористость	<input type="text" value="50"/>	0 - 50 %
Размер пор	<input type="text" value="5"/>	1 - 5 мм

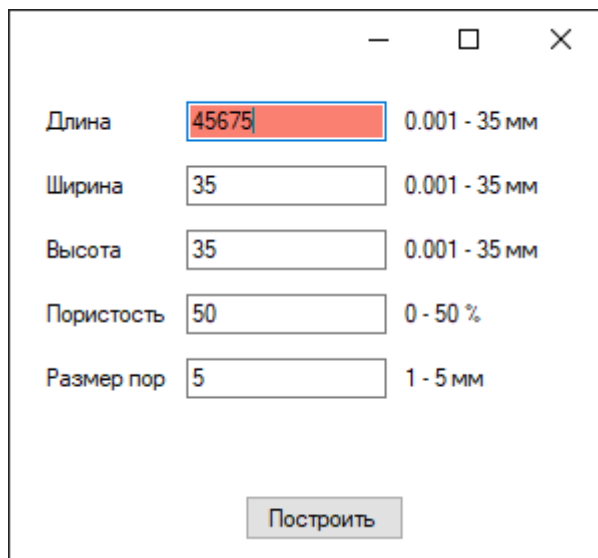
Рисунок 7.1 – Пользовательский интерфейс

Пользовательский интерфейс состоит из окна, в котором вводятся данные для построения пористой структуры.

Плагин не позволяет вводить в текстовые поля символы, которые не являются числами, разделителем целой части от вещественной, управляющими символами. Кроме того, плагин проверяет введенные числа на вхождение в допустимый диапазон значений и соответствие условиям зависимых параметров.

При вводе значений, не прошедших валидацию, соответствующее текстовое поле окрашивается красным и при попытке построить модель плагин не позволит этого сделать и покажет окно с текстом ошибок.

Если все данные были введены корректно, то при нажатии кнопки «Построить» происходит построение модели в файле, из которого была загружена библиотека с плагином. Пользовательский интерфейс с неверно введенными параметрами представлен на рисунке 7.2.

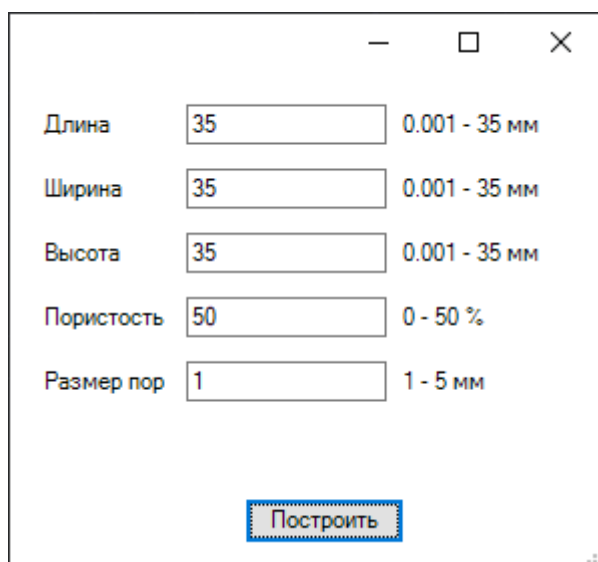


Длина	45675	0.001 - 35 мм
Ширина	35	0.001 - 35 мм
Высота	35	0.001 - 35 мм
Пористость	50	0 - 50 %
Размер пор	5	1 - 5 мм

Построить

Рисунок 7.2 – Интерфейс с неверно введенными параметрами

На рисунках 7.3-7.4 изображена работа с программой пользователем.



Длина	35	0.001 - 35 мм
Ширина	35	0.001 - 35 мм
Высота	35	0.001 - 35 мм
Пористость	50	0 - 50 %
Размер пор	1	1 - 5 мм

Построить

Рисунок 7.3 – Введенные пользователем параметры

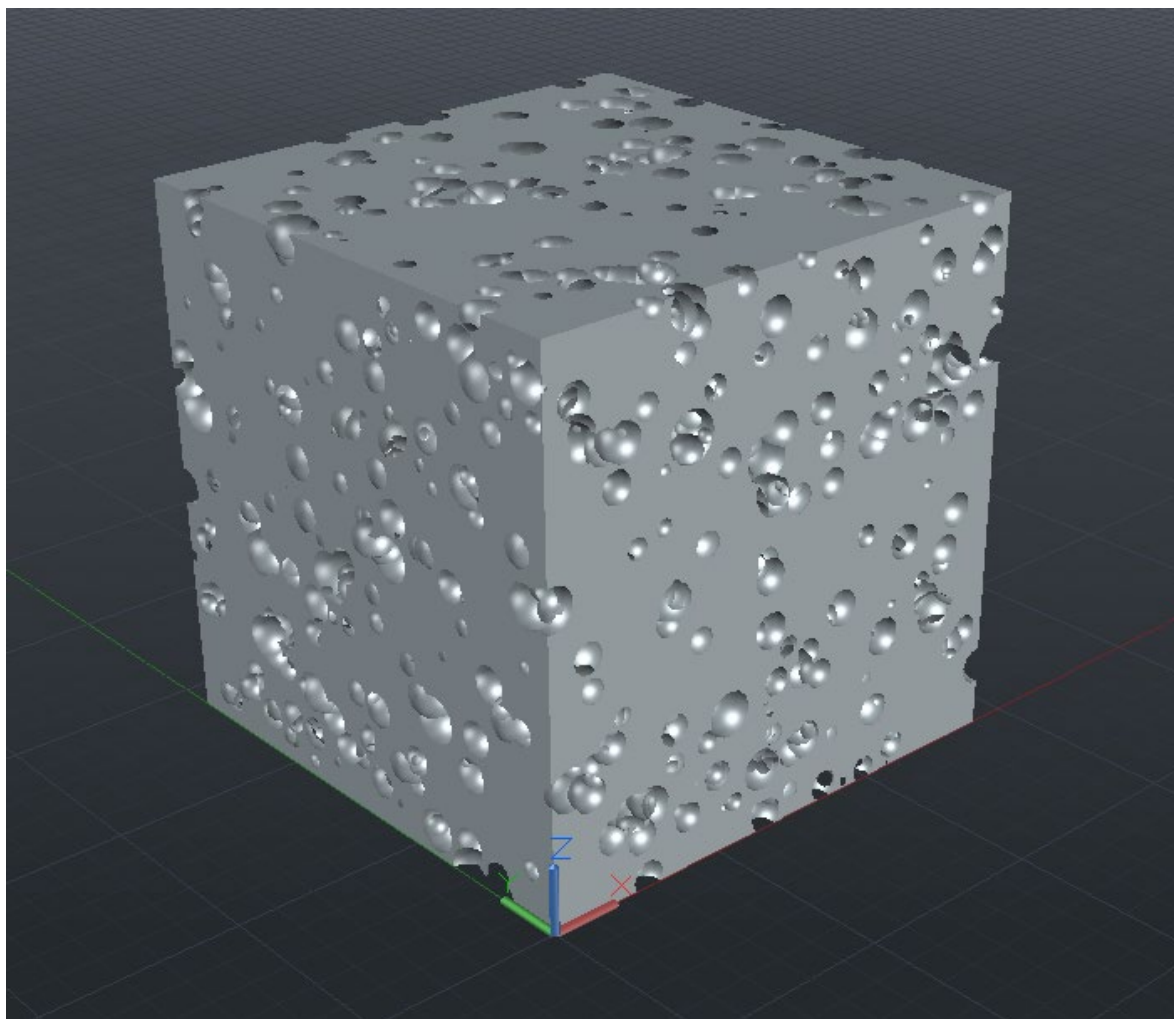


Рисунок 7.4 – Результат работы плагина

8 ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА

8.1 Функциональное тестирование

Вывод различных сообщений об ошибке показан на рисунках 8.1-8.2.

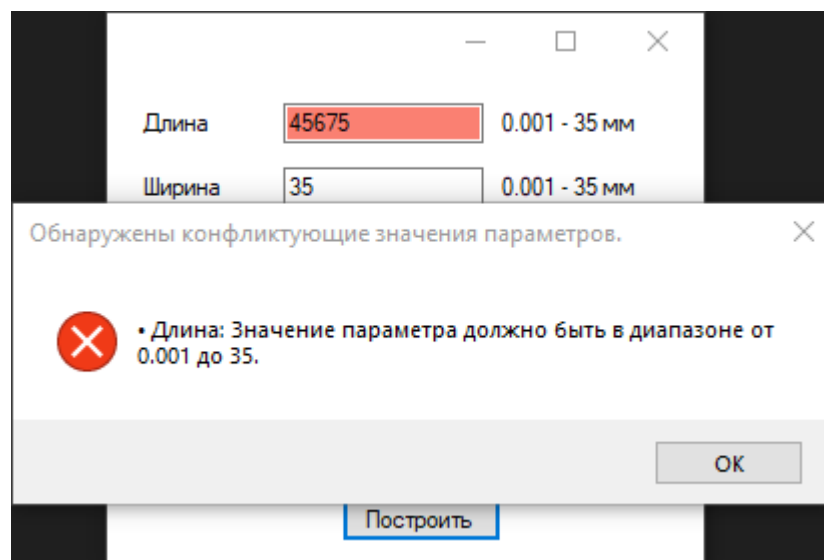


Рисунок 8.1 – Вывод сообщения при значениях, не входящих в допустимый диапазон

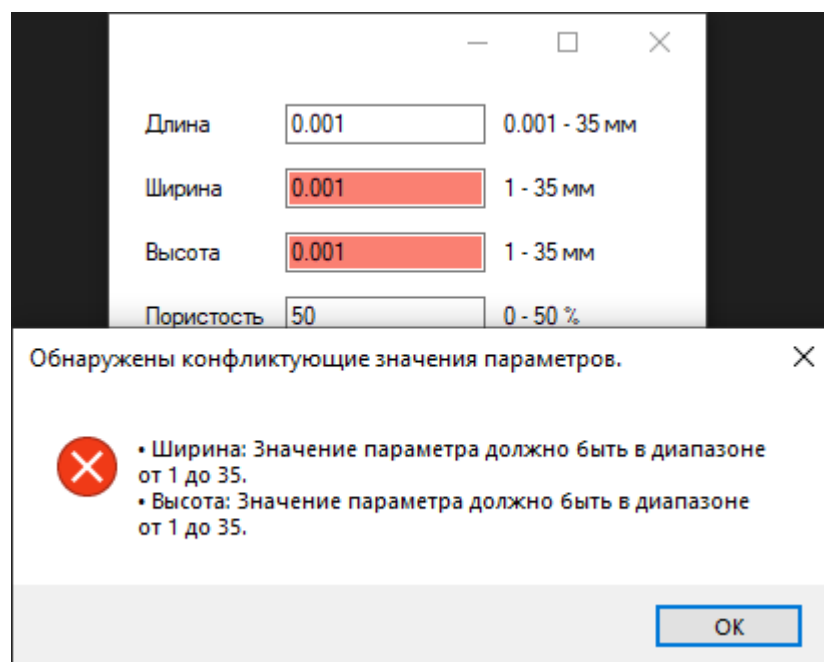


Рисунок 8.2 – Вывод сообщения при значениях, не подходящих условиям в созависимых полях

Минимальные значения

1. Длина = 0,001 мм;
2. Ширина = 0,001 мм;
3. Высота = 0,001 мм;
4. Пористость = 0 мм;
5. Размер пор = 1 мм;

Максимальные значения:

1. Длина = 35 мм;
2. Ширина = 35 мм;
3. Высота = 35 мм;
4. Пористость = 50 мм;
5. Размер пор = 5 мм;

При запуске программы значения параметров устанавливаются максимально допустимыми. На рисунке 8.3 представлены модели с максимальными введёнными параметрами.

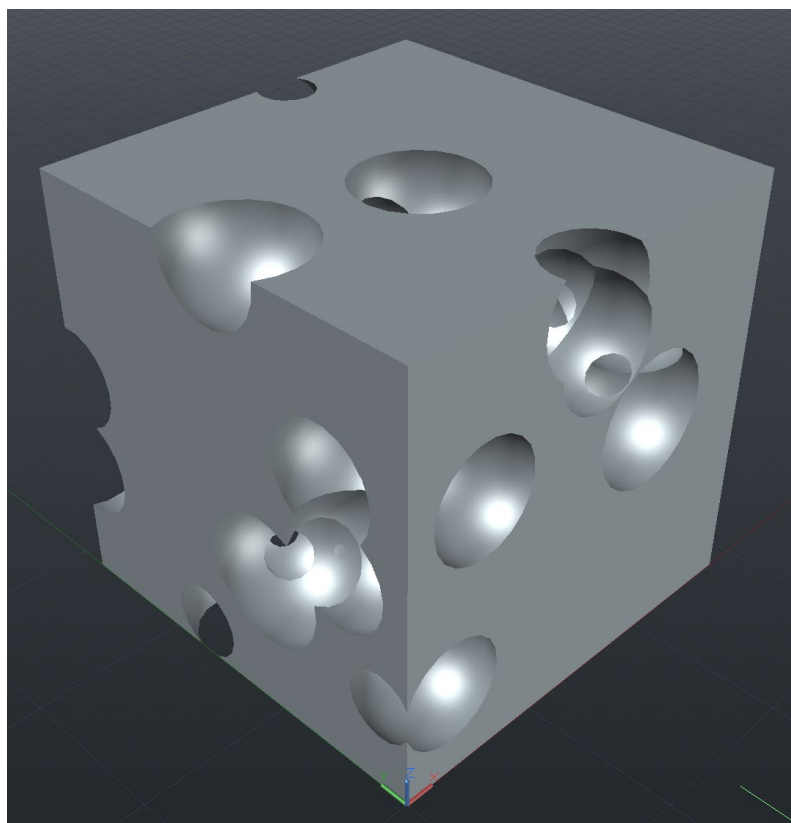


Рисунок 8.3 – Пористая структура с максимальными параметрами

На рисунке 8.4 представлены модели с минимальными введёнными параметрами.

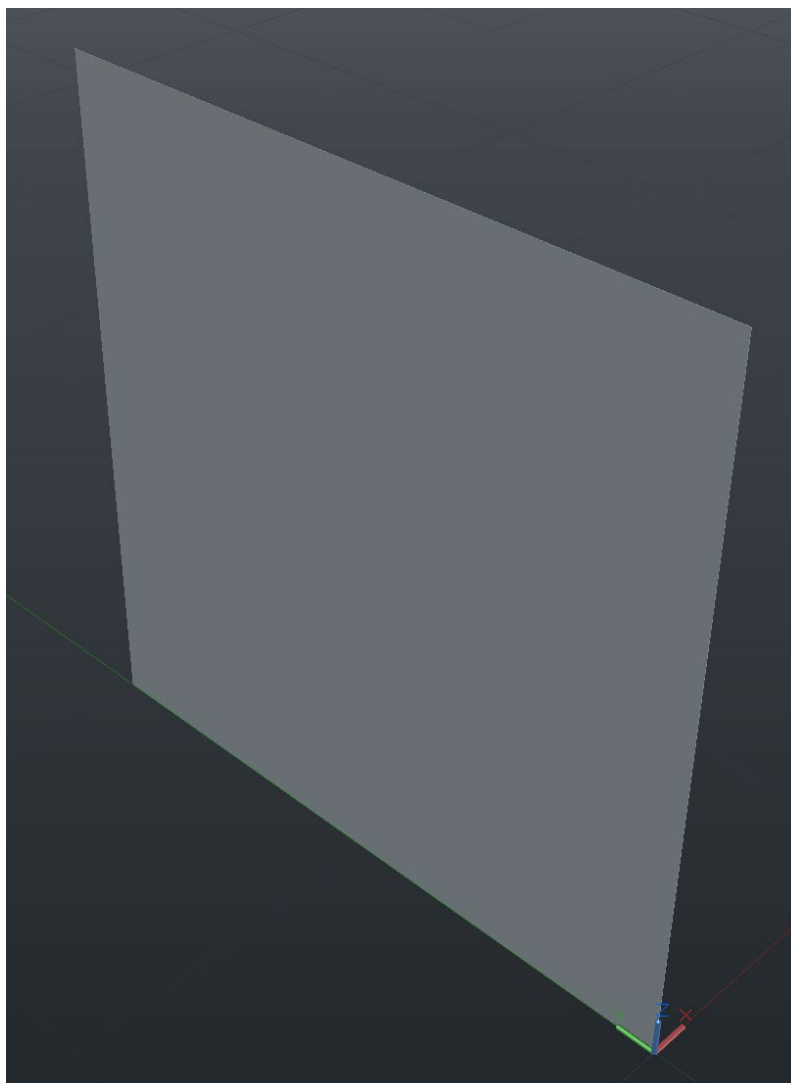


Рисунок 8.4 – Пористая структура с минимальными параметрами

8.2 Модульное тестирование

В целях проверки корректности работы методов и свойств классов при помощи тестового фреймворка NUnit версии 3.13 проведено модульное тестирование, проверялись открытые поля, свойства и методы. Были протестированы классы модели: `Parameter`, `PorousParameter` и `NoiseGenerator`.

В таблице 8.1 приведены модульные тесты класса `Parameter` и их описание.

Таблица 8.1 – Тесты класса Parameter

Название метода или свойства	Описание теста
Parameter(double, double)	Проверяется корректность создания объекта
MinValue	Проверяется выбрасывание и невыбрасывание исключения при изменении нижней границы параметра
Value	Проверяется выбрасывание и невыбрасывание исключения при изменении значения параметра

В таблице 8.2 приведены модульные тесты класса PorousParameter и их описание.

Таблица 8.2 – Тесты класса Parameter

Название метода или свойства	Описание теста
PorousParameter()	Проверяется корректность создания объекта
this[ParameterType]	Проверяется индексирование словаря по перечислению
SetValue(ParameterType, double)	Проверяется выбрасывание и невыбрасывание исключения при присвоении значения
GetSizes()	Проверяет совпадение возвращаемых значений

В таблице 8.3 приведены модульные тесты класса PorousParameter и их описание.

Таблица 8.3 – Тесты класса NoiseGenerator

Название метода или свойства	Описание теста
Generate(PorousParameter)	Проверяется наличие точек, их количество и координаты
InverseNormalDistribution()	Проверяется функция обратного нормального распределения

Покрытие модели тестами составило сто процентов, что показано на рисунке 8.5.

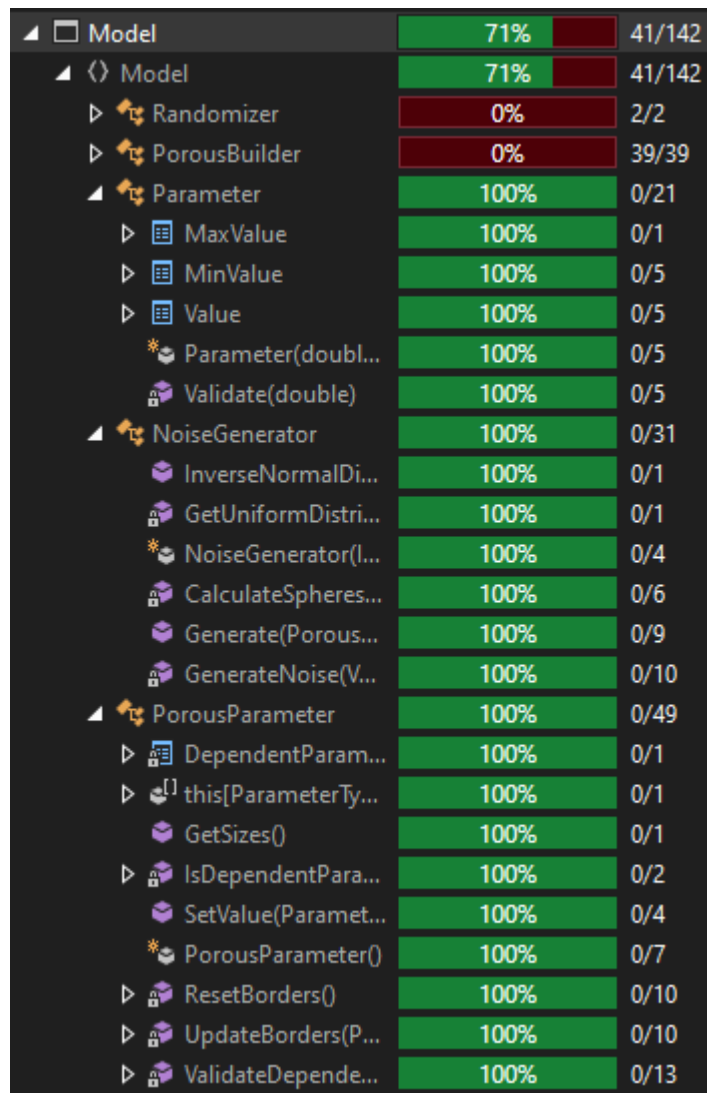


Рисунок 8.5 – Покрытие кода тестами

8.3 Нагрузочное тестирование

В целях проверки производительности работы плагина, было проведено нагрузочное тестирование. Тестирование производилось на ЭВМ со следующей конфигурацией:

- Процессор Intel Core i7-9750H CPU @ 2.60GHz;
- Видеокарта NVIDIA GeForce RTX 2060 с объёмом памяти 6 ГБ;
- 16 ГБ ОЗУ;
- Операционная система Windows 10 домашняя x64.

Для нагрузочного тестирования был задан цикл построения детали. Для измерения времени был использован класс Stopwatch. Тестирование

заклучалось в построении пористой структуры со средними значениями параметров. На рисунке 8.6 и 8.7 показан результат данного тестирования.

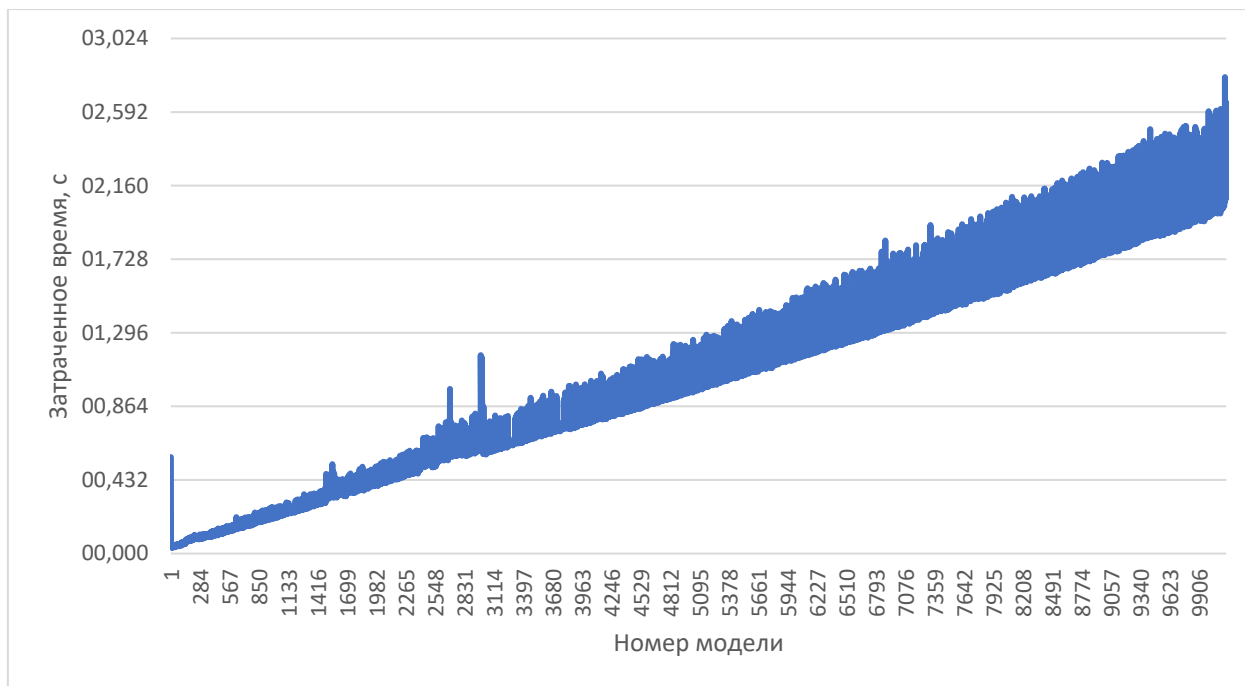


Рисунок 8.6 – График зависимости времени построения от количества построенных моделей

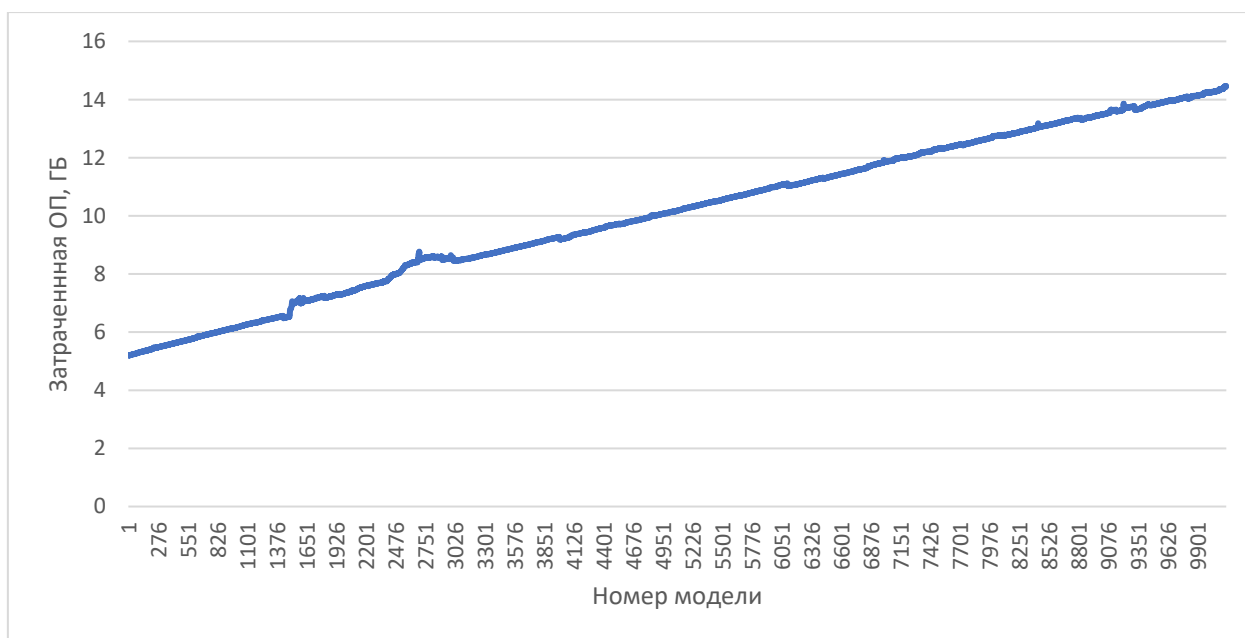


Рисунок 8.7 – График зависимости загрузки памяти от количества построенных моделей

Тестирование длилось 3 часа, были построены десять тысяч моделей со средними значениями параметров. Исходя из графика, представленного на рисунке 8.6, можно увидеть линейное влияние каждой построенной модели на последующее моделирование. Увеличение потребляемой памяти и времени, требуемой для построения одной модели, может быть вызвано накоплением объектов в файле и базе данных файла со всеми объектами.

Заключение

В процессе разработки приложения был создан плагин, позволяющий создавать пористые структуры с различными конфигурациями пор в САПР Autodesk AutoCAD.

Для разработки были изучены использованы вспомогательные инструменты: Resharper, StyleCop, GuideLines.

При написании плагина был получен опыт использования новых библиотек, проведения нагрузочного тестирования и разработки дополнительной функциональности по требованию заказчика.

Список использованных источников

1. Microsoft Learn [электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/winforms/overview/?view=netdesktop-8.0>
2. Приложения ObjectARX. [Электронный ресурс]: официальный сайт Autodesk AutoCAD 2024. URL: <https://help.autodesk.com/view/OARX/2024/RUS/?guid=GUID-3FF72BD0-9863-4739-8A45-B14AF1B67B06>
3. ReSharper: расширение Visual Studio для .NET-разработчиков от JetBrains. [Электронный ресурс]: официальный сайт JetBrains. URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/resharper/>
4. StyleCop. [Электронный ресурс]: официальный маркетплейс Visual Studio. URL: <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=ChrisDahlberg.StyleCop>
5. GeoMESH | AutoCAD | Autodesk App Store. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный (дата обращения: 09.10.2023), <https://apps.autodesk.com/ACD/ru/Detail/Index?id=1842816844021215808&appLang=en&os=Win64>