Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

РАЗРАБОТКА ПЛАГИНА «МАНГАЛ» ДЛЯ «AutoCAD»

Пояснительная записка по дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОРСАПР)

Выполнил:

Студент гр. 580-2

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Оксингерт В.К.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

Руководитель:

к.т.н., доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Калентьев А.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

**Оглавление**

[Введение 3](#_Toc154641977)

[1 Постановка и анализ задачи 4](#_Toc154641978)

[2 Описание предмета тестирования 6](#_Toc154641979)

[3 Выбор инструментов и средств реализации 8](#_Toc154641980)

[4 Назначение плагина 10](#_Toc154641981)

[5 Обзор аналогов 11](#_Toc154641982)

[6 Описание реализации 13](#_Toc154641983)

[7 Описание программы для пользователя 16](#_Toc154641984)

[8 Тестирование плагина 19](#_Toc154641985)

[8.1 Функциональное тестирование 19](#_Toc154641986)

[8.2 Модульное тестирование 27](#_Toc154641987)

[8.3 Нагрузочное тестирование 28](#_Toc154641988)

[Заключение 34](#_Toc154641989)

[Список использованных источников 35](#_Toc154641990)

# 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 мангалов, 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 мангала ускорит процесс моделирования, что позволит быстрее запустить производство.

# Постановка и анализ задачи

Основной целью является разработка плагина «Мангал» 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 короба мангала, ширина короба мангала, высота короба мангала, толщина стен мангала, высота ножек мангала, диаметр ножек мангала, расстояние между пазами для шампуров, диаметр шампуров мангала, расстояние между отверстиями для вентиляции, высота центра отверстия вентиляции и диаметр отверстия для вентиляции. Количество отверстий для вентиляции и пазов для шампуров вычисляется в программе автоматически, в зависимости от заданных параметров.

В плагине должны проходить проверки значений, вводимых пользователем. Реализуемый плагин должен обеспечивать обработку ошибочных ситуаций, возникающих в процессе работы. При вводе неверного значения, соответствующее поле на форме программы подсветится светом ошибки и пользователю будет выведено сообщение об ошибке. При нажатии на кнопку «Построить» должна проходить проверка правильности ввода данных. Если данные некорректные, то должно отобразиться окно с ошибкой построения и введённые параметры не будут применены.

В рамках проекта были поставлены задачи:

1. Составить ТЗ (25.09.2023 – 07.10.2023);

2. Составить проект системы (09.10.2023 – 20.11.2023);

3. Реализовать систему (21.11.2023 – 05.12.2023);

4. Реализовать дополнительную функциональность, выбранную преподавателем (05.12.2023 – 12.12.2023);

5. Написать пояснительную записку (14.12.2023 – 29.12.2023).

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

• Обработка различных типов исключений;

• Возникновение непредвиденных ошибок при использовании API, предоставляемого САПР.

# Описание предмета тестирования

Предметом проектирования является мангал.

Мангал служит для разведения огня с целью последующего приготовления мясных и овощных блюд. Чертёж мангала представлен на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Чертёж мангала

У пользователя есть возможность менять параметры мангала, приведённые ниже:

• длина мангала L (500 – 2000 мм);

• ширина мангала W (300 – 500 мм);

• толщина стенок мангала Ww (2 – 8 мм);

• высота короба мангала Hg (200 – 500 мм);

• высота ножки мангала Hl (500 – 1000 мм);

• диаметр ножки мангала Dl (не меньше мм, не больше мм);

• высота центра отверстия для прохода воздуха (не больше мм, не меньше мм);

• диаметр отверстия для прохода воздуха Dh (не больше мм, не меньше 10 мм);

• диаметр паза для шампура Dg (5 – 20 мм);

• расстояние между отверстиями для прохода воздуха dH (не больше мм, не меньше Dh мм. Количество отверстий определяется автоматически исходя из данного параметра и длины забора);

• расстояние между пазами для шампуров dg (не больше мм, не меньше Dg мм. Количество отверстий определяется автоматически исходя из данного параметра и длины забора).

Дополнительной функциональностью было добавление возможности выбора типа отверстий для вентиляции и формы пазов для шампуров.

Вентиляция может быть реализована либо отверстиями, либо сплошным вырезом вдоль длины мангала. Необходимым параметром для сплошного выреза является высота выреза.

Пазы для шампуров могут быть либо в форме полукруга, либо в форме прямоугольных вырезов. Необходимыми параметрами для прямоугольных вырезов являются расстояние между пазами, ширина выреза и глубина выреза.

# 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 как в автономном режиме, так и в сети. Приложения Windows Forms могут получать доступ к локальному оборудованию и файловой системе компьютера, на котором работает приложение. В качестве платформы был использована .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, который проверяет код C# на соответствие рекомендуемым стилям кодирования StyleCop и подмножеству руководящих указаний Microsoft по проектированию .NET Framework. Не позволяет скомпилировать приложение до тех пор, пока не будут соблюдены правила оформления кода [4].

# Назначение плагина

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием мангалов разных типов. Благодаря данному расширению, мастера по мангалам могут наглядно рассмотреть спроектированную модель, при необходимости перестроить под необходимые им параметры.

# Обзор аналогов

Прямых аналогов плагина для построения мангала нет.

SolidWorks может работать с листовым металлом, который обычно используется в качестве вкладышей для компонентов или для создания опоры для других компонентов. Мангал состоит из листов металла определённой толщины, так что с помощью инструментов SolidWorks можно спроектировать мангал [5].

Пользовательский интерфейс SolidWorks представлен на рисунке 5.1.

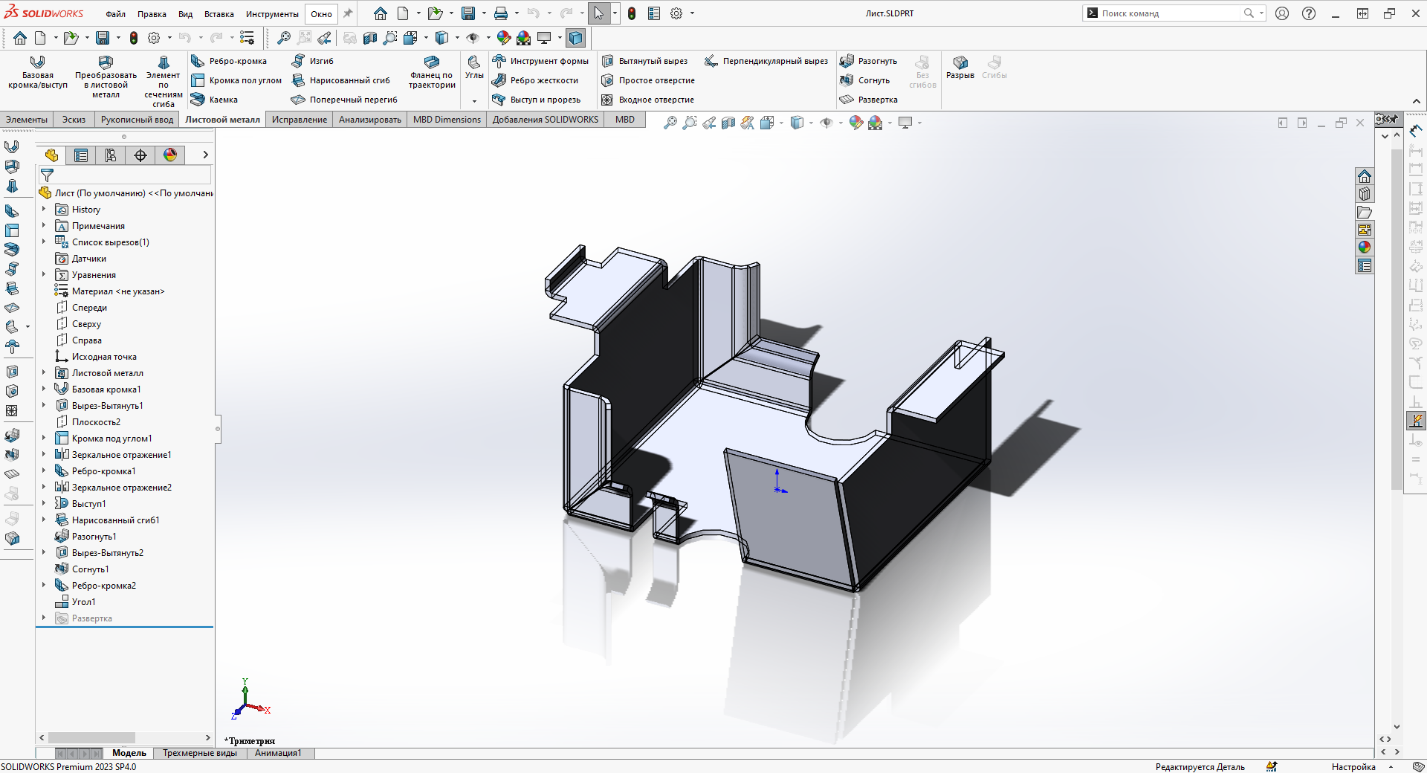


Рисунок 5.1 – Пользовательский интерфейс SolidWorks

Плагин SoftDraft Stainless Steel Shapes 2DS может создавать изделия из металла различных форм: W-образные и S-образные формы, стандартные и различные каналы, равные и неравные углы, T-образные и W-образные стержни.

Особенности плагина:

• Создавайте фигуры в плане, сечении и на высоте по мере необходимости;

• Фигуры в разрезе создаются как блок AutoCAD, что позволяет минимизировать размер файла;

• Все фигуры создаются параметрически по требованию;

• Фигуры привязываются к курсору на основе центральной точки вставки и поворачиваются после размещения [6].

# Описание реализации

Для описания модели проекта использован стандарт UML.

UML-диаграмма классов — тип статической структурной диаграммы, описывающей структуру системы посредством обозначения классов, их атрибутов, методов, связей на диаграмме [7].

После проектирования в проекте созданы следующие классы и методы, отображённые на диаграмме классов на рисунке 6.1.

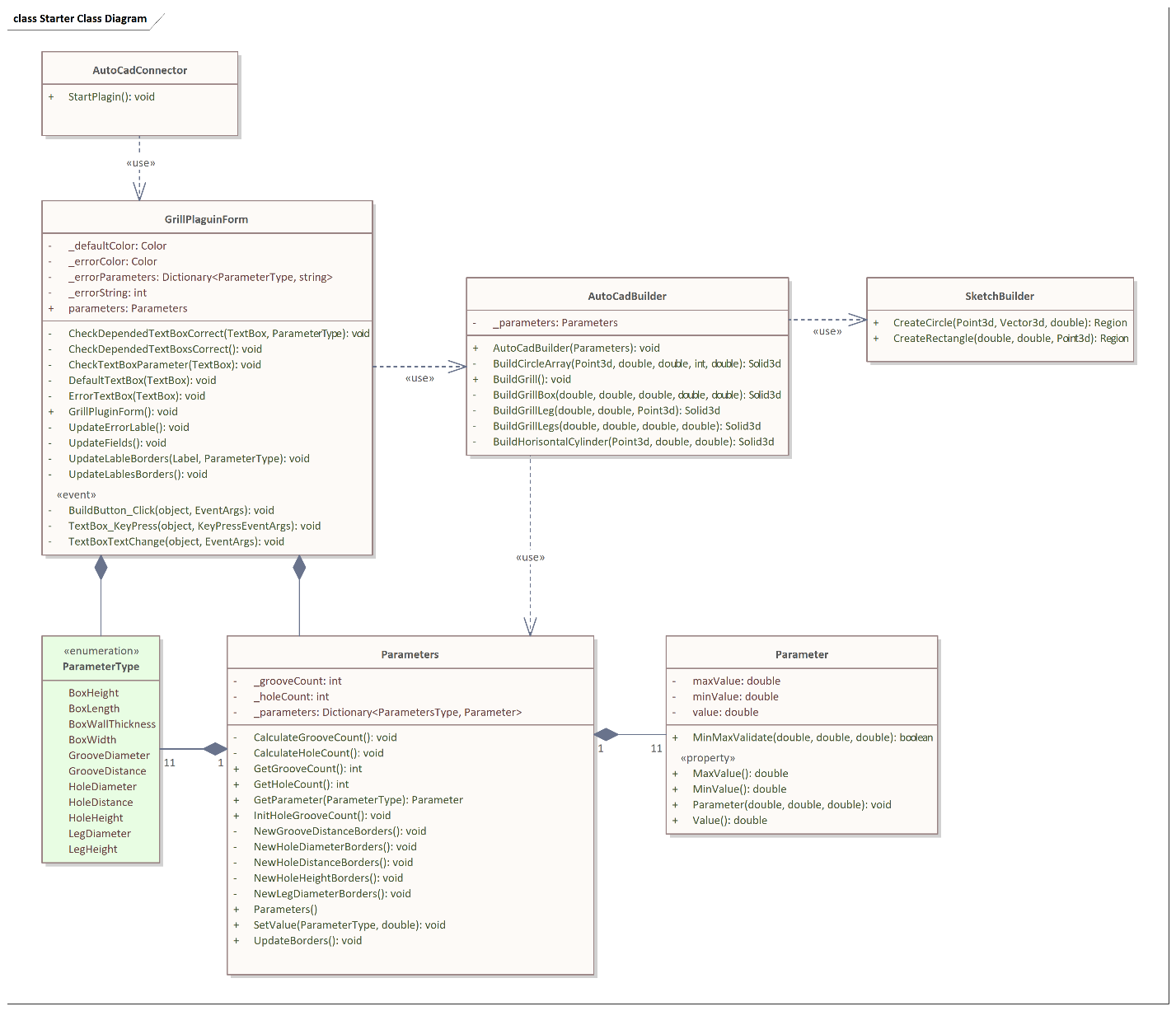


Рисунок 6.1 –Диаграмма классов после проектирования

На диаграмме представлены следующие классы:

• AutoCadConnector – класс связывающий API AutoCAD’а и плагин. Вызывает главную форму приложения;

• GrillPlaguinForm – главная форма приложения;

• AutoCadBuilder – класс, выполняющий построение детали в AutoCAD;

• SketchBuilder – класс, использующий некоторые методы API AutoCAD’а, используемые в AutoCadBuilder;

• Parameters – класс, в котором хранятся и валидируются данные мангала;

• Parameter – класс, хранящий в себе граничные значения параметра мангала и его значение;

• ParameterType – перечисление, хранящее в себе названия параметров мангала.

В процессе добавления дополнительной функциональности была переосмыслена и переписана бизнес логика приложения. Новая диаграмма классов Model представлена на рисунке 6.2.

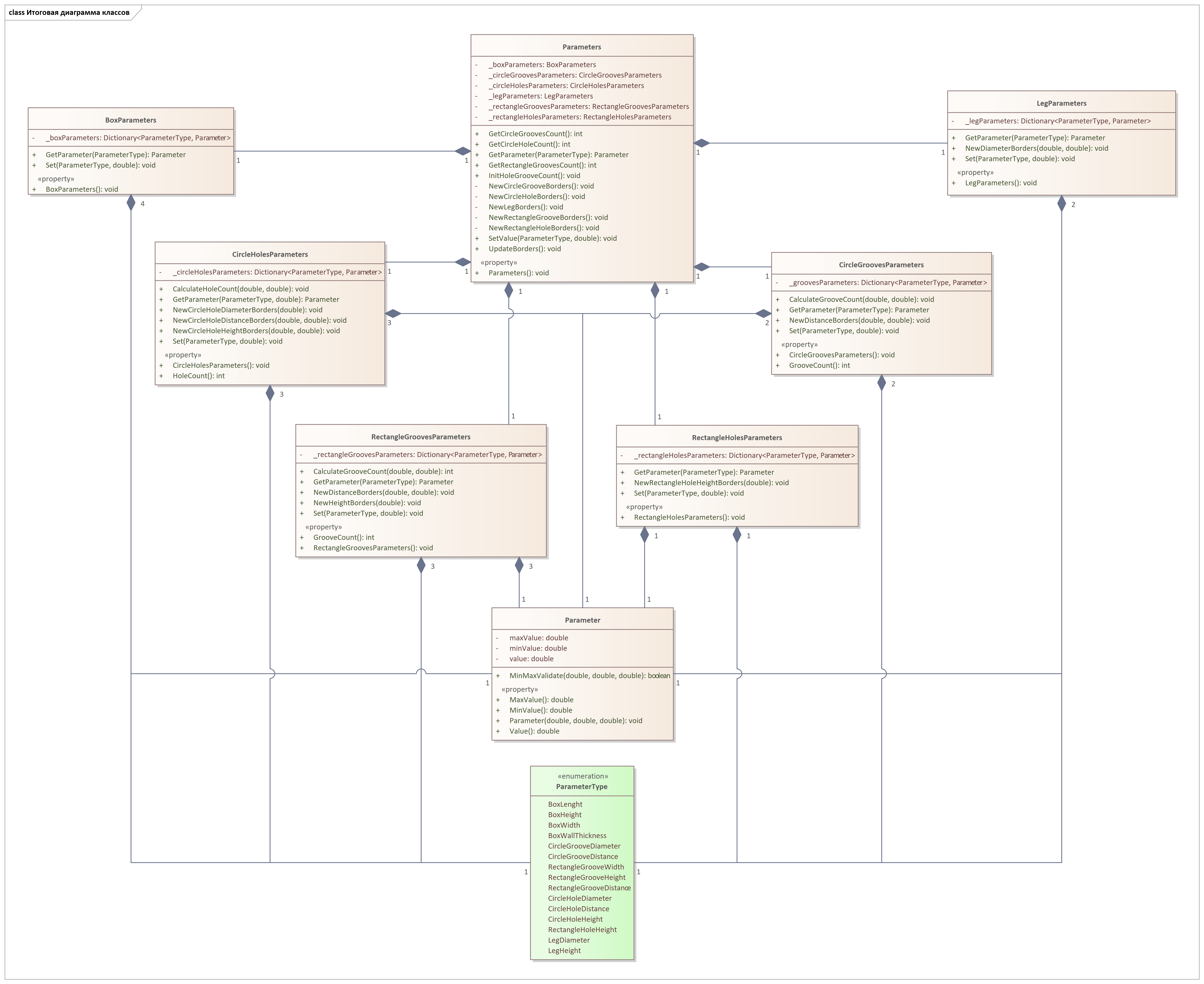


Рисунок 6.2 – Итоговая диаграмма классов Model

При реализации системы были сделаны следующие архитектурные изменения:

1. Вместо общего словаря со списком параметров, создано несколько словарей, отвечающих каждый за свою часть мангала и способных валидировать собственные значения. Получение и присваивание значений происходит, как и до этого через свойства Parameters. Кроме класса Parameters никто не может применять методы словарей.

2. На форму был добавлен выбор формы отверстий для вентиляции и формы пазов для шампуров.

# Описание программы для пользователя

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

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

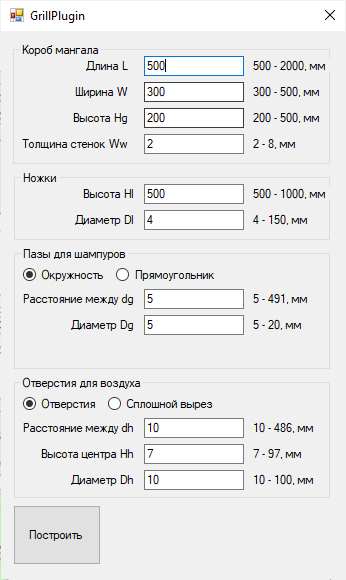


Рисунок 7.1 – Пользовательский интерфейс

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

В группе с параметрами пазов для шампуров есть два переключателя: круглые пазы или прямоугольные.

В группе с параметрами отверстий для вентиляции есть два переключателя: круглые отверстия или сплошной вырез.

Плагин не позволяет вводить в текстовые поля символы, которые не являются числами или управляющими символами. Кроме того, плагин проверяет введенные числа на вхождение в допустимый диапазон значений и соответствие дополнительным условиям (для 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 текст ошибки в соответствующем поле рядом с кнопкой.

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 введёнными параметрами представлен на рисунке 7.2.

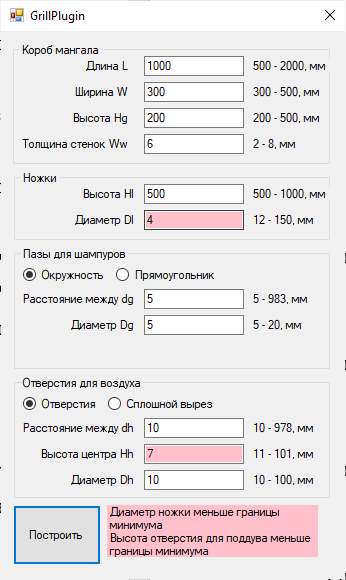


Рисунок 7.2 – Интерфейс приложения с неверно введёнными параметрами

# Тестирование плагина

Тестирование позволяет убедиться в работоспособности программы, выявлять ошибки при изменении какого-либо функционала.

## Функциональное тестирование

Вывод различных сообщений об ошибке показан на рисунках 8.1 – 8.3.

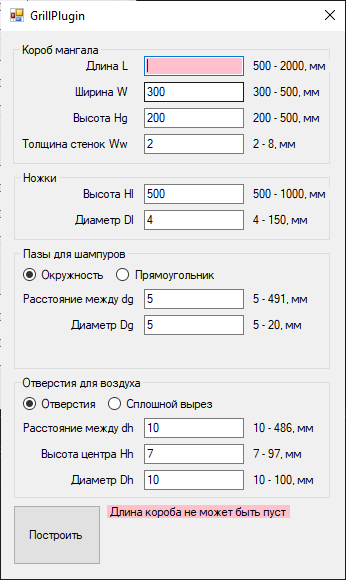


Рисунок 8.1 – Ошибка при пустом текстовом поле

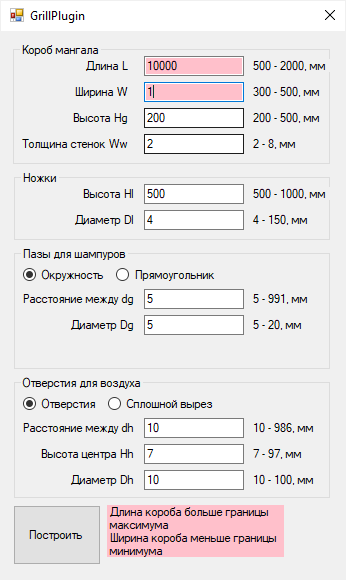


Рисунок 8.2 – Ошибка при значениях не входящих в диапазон

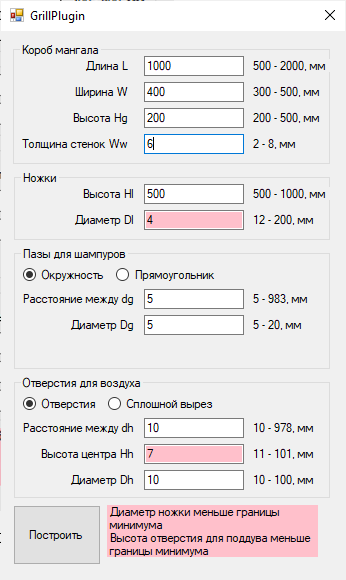


Рисунок 8.3 – Ошибка при изменении границы зависимого поля

Минимальные значения:

1. Длина короба мангала = 500 мм;

2. Ширина короба мангала = 300 мм;

3. Высота короба мангала = 200 мм;

4. Толщина стен мангала = 2 мм;

5. Высота ножек мангала = 500 мм;

6. Диаметр ножек мангала = 4 мм;

7. Диаметр круглых пазов мангала = 5 мм;

8. Расстояние между круглыми пазами мангала = 5 мм;

9. Ширина прямоугольного паза мангала = 5 мм;

10. Расстояние между прямоугольными пазами мангала = 5 мм;

11. Глубина прямоугольного паза мангала = 20 мм;

12. Диаметр круглого отверстия вентиляции мангала = 10 мм;

13. Расстояние между круглыми отверстиями вентиляции мангала = 10 мм;

14. Высота центра круглого отверстия вентиляции мангала = 7 мм;

15. Высота сплошного выреза вентиляции мангала = 20 мм.

При запуске программы значения параметров устанавливаются минимально допустимыми. На рисунках 8.4 - 8.5 представлены модели с минимальными введёнными параметрами.



Рисунок 8.4 – Мангал, построенный по минимальным значениям с круглыми отверстиями для вентиляции и круглыми пазами для шампуров

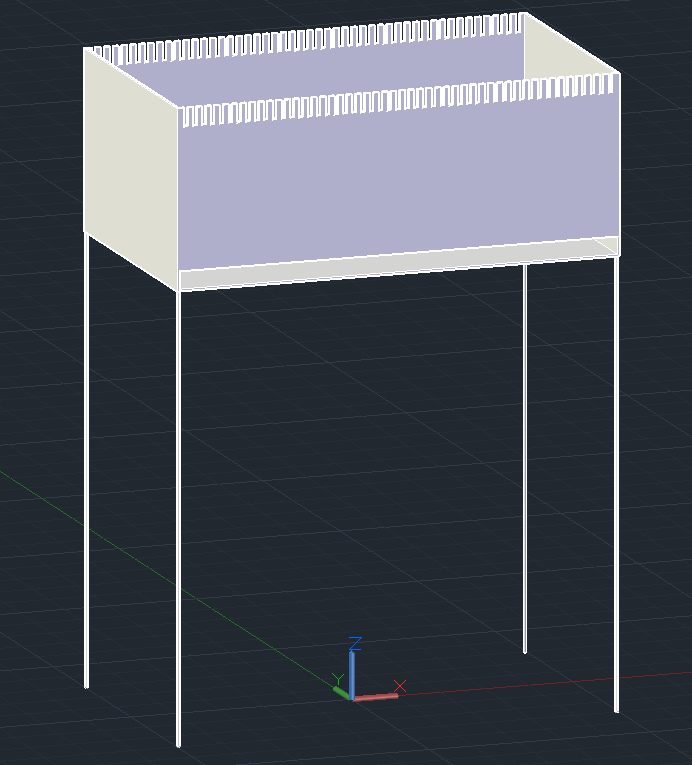


Рисунок 8.5 – Мангал, построенный по минимальным значениям с прямоугольным вырезом для вентиляции и прямоугольными пазами для шампуров

Максимальные значения:

1. Длина короба мангала = 2000 мм;

2. Ширина короба мангала = 500;

3. Высота короба мангала = 500 мм;

4. Толщина стен мангала = 8 мм;

5. Высота ножек мангала = 1000 мм;

6. Диаметр ножек мангала = 250 мм;

7. Диаметр круглых пазов мангала = 20 мм;

8. Расстояние между круглыми пазами мангала = 987 мм;

9. Ширина прямоугольного паза мангала = 20 мм;

10. Расстояние между прямоугольными пазами мангала = 982 мм;

11. Глубина прямоугольного паза мангала = 125 мм;

12. Диаметр круглого отверстия вентиляции мангала = 250 мм;

13. Расстояние между круглыми отверстиями вентиляции мангала = 867 мм;

14. Высота центра круглого отверстия вентиляции мангала = 133 мм;

15. Высота сплошного выреза вентиляции мангала = 250 мм.

На рисунках 8.6 – 8.7 представлены модели с максимальными введёнными параметрами.

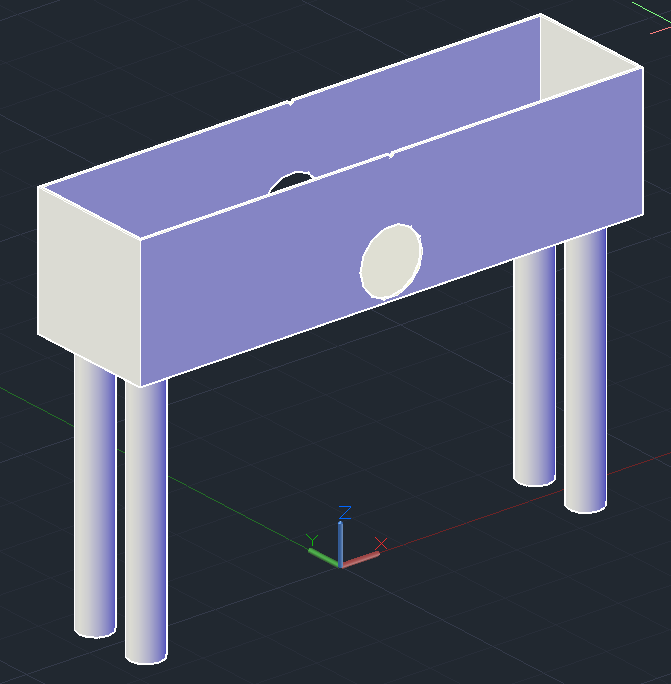


Рисунок 8.6 – Мангал, построенный по максимальным значениям с круглыми отверстиями для вентиляции и круглыми пазами для шампуров

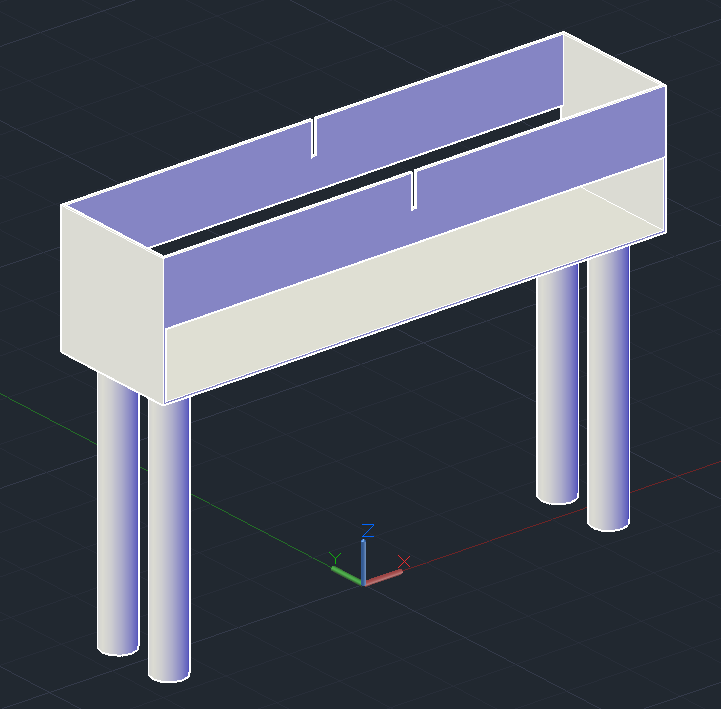


Рисунок 8.7 – Мангал, построенный по максимальным значениям с прямоугольным вырезом для вентиляции и прямоугольными пазами для шампуров

## Модульное тестирование

В целях проверки корректности работы методов и свойств классов при помощи тестового фреймворка NUnit [8] версии 3.13 проведено модульное тестирование, проверялись открытые поля, свойства и методы. Были протестированы классы модели: Parameter, BoxParameters, LegParameters, CircleHolesParameters, CircleGroovesParameters, RectangleGroovesParameters, RectangleHolesParameters, Parameters. Покрытие модели тестами составило сто процентов, что показано на рисунке 8.8.

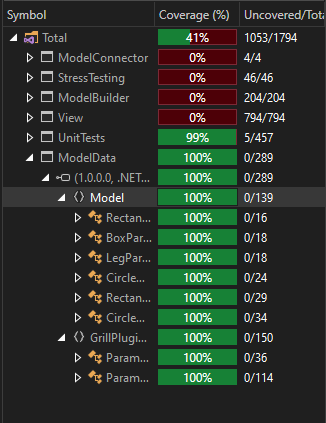


Рисунок 8.8 – Покрытие кода тестами

## Нагрузочное тестирование

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

• Процессор Intel Core i5-10200H 2.4 Ghz;

• 16,0 ГБ ОЗУ;

• Операционная система Windows 10 Домашняя х64;

• Видеокарта NVIDEA GeForce RTX 3060 Laptop GPU.

Для нагрузочного тестирования был задан цикл построения детали. Для измерения времени был использован класс Stopwatch. Тестирование заключалось в построении мангала со средними параметрами.

На рисунках 8.9 – 8.10 представлены графики занимаемой памяти от количества построений и времени построения от количества построений для мангала с круглыми отверстиями для вентиляции и круглыми пазами для шампуров. Моделирование 10000 мангалов проходило 147,106 с.

Рисунок 8.9 – График занимаемой памяти от количества построений для мангала с круглыми отверстиями и круглыми пазами

Рисунок 8.10 – График времени построения мангала от количества построений для мангала с круглыми отверстиями и круглыми пазами

На рисунках 8.11 – 8.12 представлены графики занимаемой памяти от количества построений и времени построения от количества построений для мангала с круглыми отверстиями для вентиляции и прямоугольными пазами для шампуров. Моделирование 10000 мангалов проходило 147,387 с.

Рисунок 8.11 – График занимаемой памяти от количества построений для мангала с круглыми отверстиями и прямоугольными пазами

Рисунок 8.12 – График времени построения мангала от количества построений для мангала с круглыми отверстиями и прямоугольными пазами

На рисунках 8.13 – 8.14 представлены графики занимаемой памяти от количества построений и времени построения от количества построений для мангала со сплошным вырезом для вентиляции и круглыми пазами для шампуров. Моделирование 10000 мангалов проходило 178,673 с.

Рисунок 8.13 – График занимаемой памяти от количества построений для мангала со сплошным вырезом и круглыми пазами

Рисунок 8.14 – График времени построения мангала от количества построений для мангала со сплошным вырезом и круглыми пазами

На рисунках 8.15 – 8.16 представлены графики занимаемой памяти от количества построений и времени построения от количества построений для мангала со сплошным вырезом для вентиляции и прямоугольными пазами для шампуров. Моделирование 10000 мангалов проходило 178,824 с.

Рисунок 8.15 – График занимаемой памяти от количества построений для мангала со сплошным вырезом и прямоугольными пазами

Рисунок 8.16 – График времени построения мангала от количества построений для мангала со сплошным вырезом и прямоугольными пазами

Исходя из графиков 8.9 – 8.16, можно сказать, что занимаемая ОЗУ линейно зависит от количества построенных моделей мангала.

Разница между максимальным и минимальным значением затрачиваемой ОЗУ при моделировании мангала со сплошным вырезом равняется 1,6 ГБ, а при моделировании с круглыми отверстиями для вентиляции – 1,2 ГБ. Соответственно, метод построения со сплошным вырезом более затратен по ресурсам.

Время, затрачиваемое на построение моделей мангала во всех случаях нагрузочного тестирования при моделировании 10000 копий, не увеличивается.

Среднее время построения модели в случаях без сплошного выреза для вентиляции составляет примерно 14,7 мс, а в случаях со сплошным вырезом 17,86 мс. Соответственно, метод построения со сплошным вырезом более затратен по времени. Вычисление среднего значения времени построения модели обосновано тем, что в данном нагрузочном тестировании время, затрачиваемое на построение моделей, почти не изменяется.

# Заключение

В процессе разработки приложения был создан плагин, позволяющий создавать 3D-модели мангалов с различной формой отверстий вентиляции и формой пазов для шампуров в САПР Autodesk AutoCAD.

Для разработки были изучены новые библиотеки: Resharper, StyleCop.

При написании плагина мной 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/](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fwww.jetbrains.com%2Fru-ru%2Fresharper%2F&cc_key=).

4. StyleCop. [Электронный ресурс]: официальный маркетплейс Visual Studio. URL: https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=ChrisDahlberg.StyleCop.

5. Листовой металл – 2021 – Справка по SOLIDWORKS [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный (дата обращения: 04.12.2023), <https://help.solidworks.com/2021/Russian/SolidWorks/sldworks/c_Sheet_Metal.htm>

6. SoftDraft Stainless Steel Shapes 2DS | AutoCAD | Autodesk App Store [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный (дата обращения: 04.12.2023), https://apps.autodesk.com/ACD/ru/Detail/Index?id=8957153203166034680&appLang=en&os=Win32\_64

7. UML. Основы. Краткое руководство по стандартному языку объектного моделирования. Изд: Символ-Плюс, 2011, с.192 (3-е издание)

8. NUnit.org [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный (дата ображения: 04.12.2023), https://nunit.org/.