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 «Кастрюля» для САПР «AutoCAD»

Пояснительная записка по дисциплине «Основы разработки САПР»

Выполнил:

Студент гр. 580-2

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.С. Пчельник

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

Проверил:

доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.А. Калентьев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

Оглавление

[Введение 3](#_Toc154603034)

[1 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ 4](#_Toc154603035)

[2 ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ 5](#_Toc154603036)

[3 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ И СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ 6](#_Toc154603037)

[4 НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАГИНА 8](#_Toc154603038)

[5 ОБЗОР АНАЛОГОВ 9](#_Toc154603039)

[6 ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ 10](#_Toc154603040)

[7 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ 13](#_Toc154603041)

[8 ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА 15](#_Toc154603042)

[8.1 Функциональное тестирование 15](#_Toc154603043)

[8.2 Модульное тестирование 21](#_Toc154603044)

[8.3 Нагрузочное тестирование 22](#_Toc154603045)

[Заключение 26](#_Toc154603046)

[Список использованных источников 27](#_Toc154603047)

# 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 кастрюль, 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 кастрюли ускорит процесс моделирования, что позволит быстрее запустить производство.

# 1 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Основной целью является разработка плагина «Кастрюля» 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: высота кастрюли, диаметр кастрюли, толщина дна, толщина стенок, высота ручек, толщина ручек. 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 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.

# 2 ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Предметом проектирования является модель кастрюли.

Параметры кастрюли:

* высота кастрюли H (150 — 300 мм);
* диаметр кастрюли D (150 — 200 мм);
* высота ручек l1 (10 мм — толщины ручек l2 \* 5, но не больше 20 мм);
* толщина ручек l2 (1/4 — 1/2 от высоты ручек l2);
* толщина дна W (1 — 10 мм);
* толщина стенок N (0.5 — 3 мм).

На рисунке 2.1 показаны геометрические параметры кастрюли



Рисунок 2.1 – Геометрические параметры кастрюли

Дополнительной функциональностью было добавление возможности выбора типа ручки: две ручки или одинарная ручка сотейника. Необходимым параметром для ручки сотейника является высота ручки, толщина должна скрываться от пользователя.

# 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.

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].

# 4 НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАГИНА

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием кастрюль разных типов с различными параметрами. Благодаря данному расширению, производители кастрюль могут наглядно рассмотреть спроектированную модель, при необходимости перестроить под необходимые им параметры.

# 5 ОБЗОР АНАЛОГОВ

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

Плагин Softdraft Steel3D UK, от компании Soft Draft, предназначен для моделирования различных стальных конструкций [5].

На рисунке 5.1 представлен пользовательский интерфейс плагина.

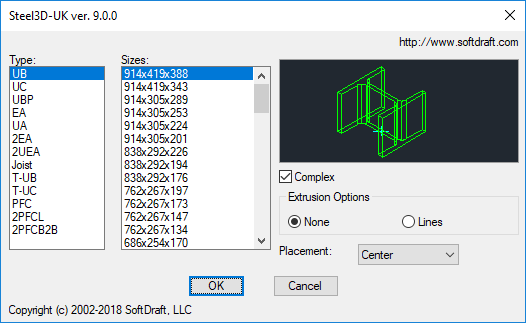


Рисунок 5.1 – Пользовательский интерфейс плагина Steel3D UK

# 6 ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ

На рисунке 6.1 показана UML диаграмма классов после проектирования.

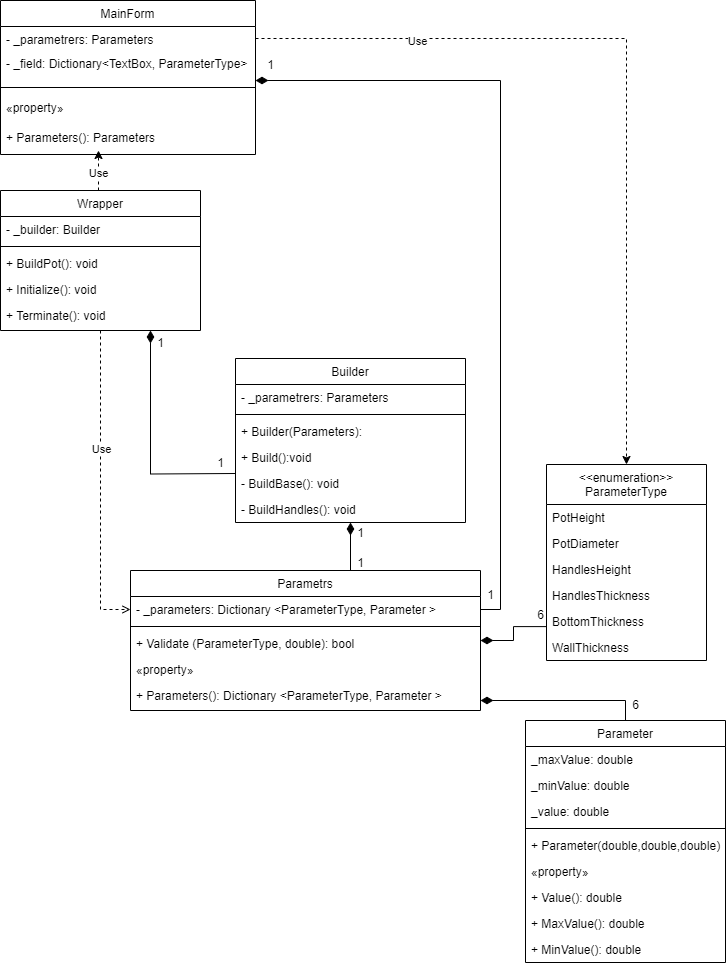


Рисунок 6.1 – UML диаграмма классов после проектирования

На диаграмме представлены следующие классы:

* MainForm является главным элементом для обработки действий в графическом интерфейсе;
* Builder – выполняет построение детали;
* Wrapper – является классом-связующим звеном между плагином и самой САПР;
* Parameter – является классом для хранения числового значения и границ параметра;
* ParameterType – является перечислением названий параметров;
* Parameters – является словарём, хранящим все параметры.

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

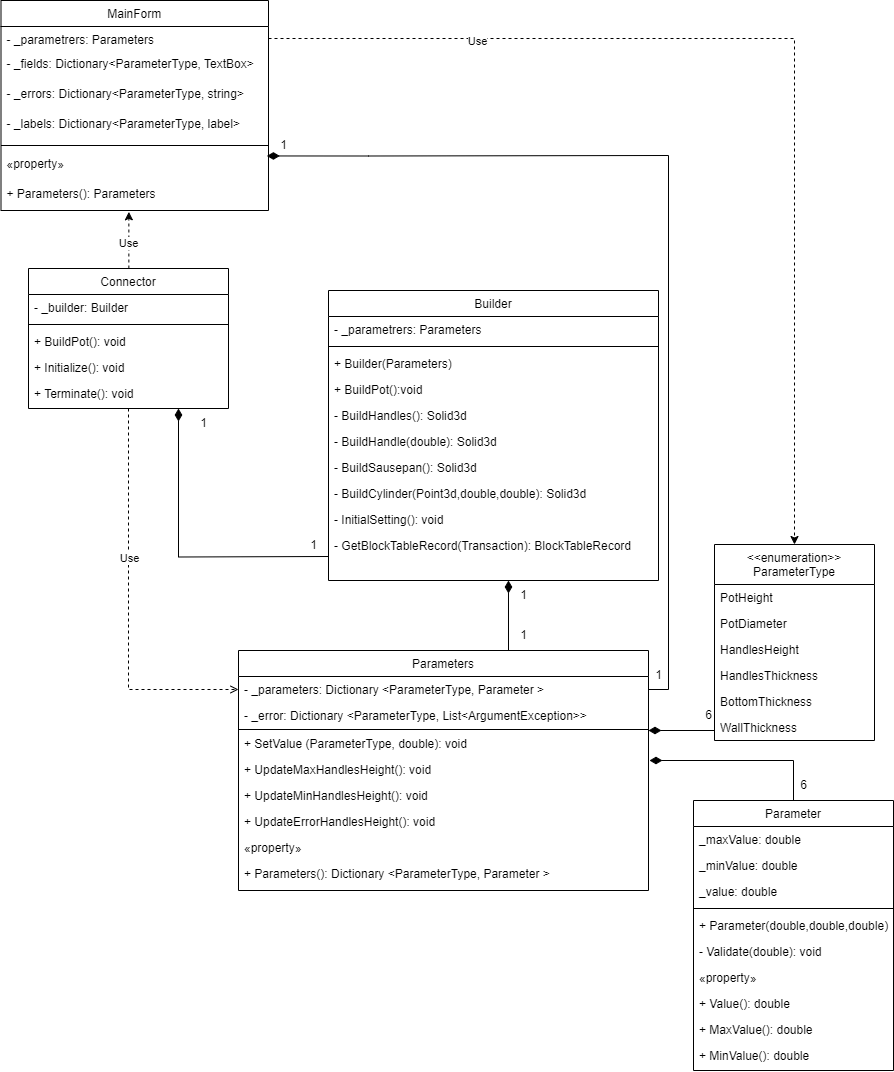


Рисунок 6.2 – UML диаграмма классов после реализации программы

При реализации системы были сделаны следующие архитектурные изменения:

1. Класс Wrapper переименован в Connector, так как Wrapper неправильно описывает функциональность данного класса. Класс просто открывает форму и не оборачивает никаких методов;
2. Был добавлен словарь списков исключений для каждого параметра. Это необходимо для совместной обработки исключений, выбрасываемых при валидации вхождения параметра в допустимый диапазон, и исключений, выбрасываемых при валидации зависимых параметров;
3. Было добавлено событие HandleType, т.к с реализацией дополнительной функциональностью нужно следить за выбранным типом ручки;
4. Добавлен метод SetValue, присваивающий новое значение параметру и валидирующий это значение. Не реализован как свойство, т.к. в таком случае не была бы возможна валидация зависимых параметров.

# 7 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

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

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

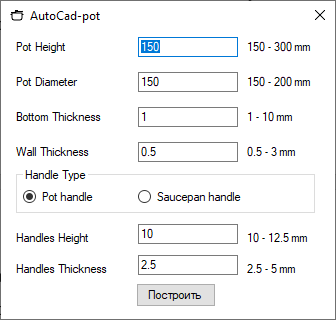


Рисунок 7.1 – Пользовательский интерфейс

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

Перед параметрами ручек расположен переключатель выбора ручек кастрюли: обычные или ручка сотейника.

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 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 введёнными параметрами представлен на рисунке .

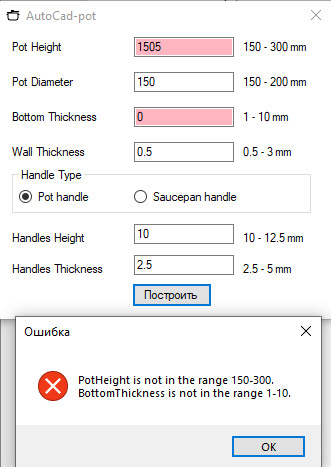


Рисунок 7.2 – Интерфейс с неверно введёнными параметрами

Результат работы плагина представлен на рисунке 7.3.

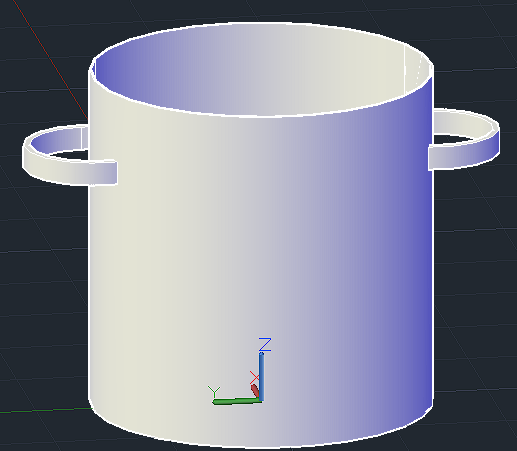


Рисунок 7.3 – Результат работы плагина с параметрами по умолчанию

# 8 ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА

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

## 8.1 Функциональное тестирование

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

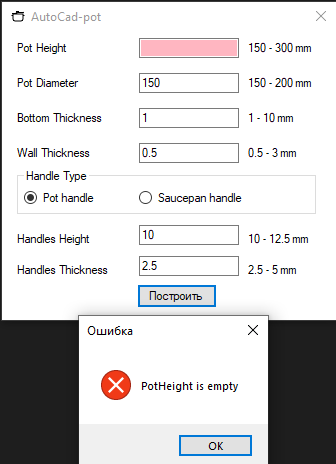


Рисунок 8.1 – Вывод сообщения при пустом текстовом поле

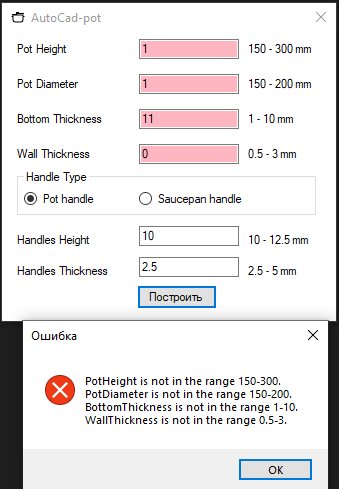


Рисунок 8.2 – Вывод сообщения при значениях, не входящих в допустимый диапазон

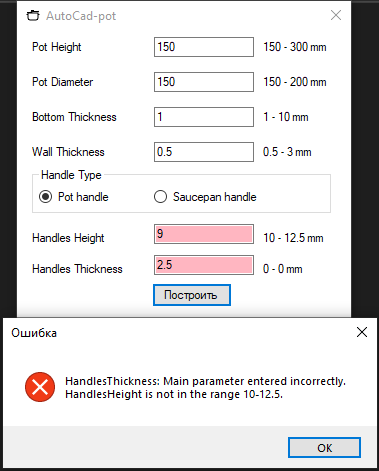


Рисунок 8.3 – Вывод сообщения при значениях, не подходящих условиям в созависимых полях

Минимальные значения

1. Высота кастрюли = 150 мм;
2. Диаметр Кастрюли = 150 мм;
3. Толщина дна = 1 мм;
4. Толщина стенок = 0.5 мм;
5. Толщина Ручек = 2.5 мм;
6. Высота ручек = 10 мм.

Максимальные значения:

1. Высота кастрюли = 300 мм;
2. Диаметр Кастрюли = 200 мм;
3. Толщина дна = 10 мм;
4. Толщина стенок = 3 мм;
5. Толщина Ручек = 10 мм;
6. Высота ручек = 20 мм.

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

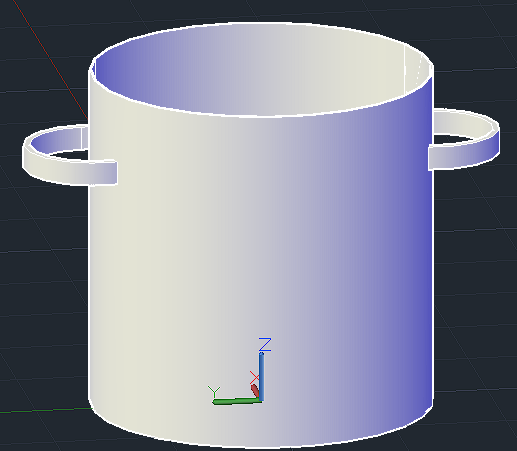


Рисунок 8.4 – Модель кастрюли с параметрами по умолчанию

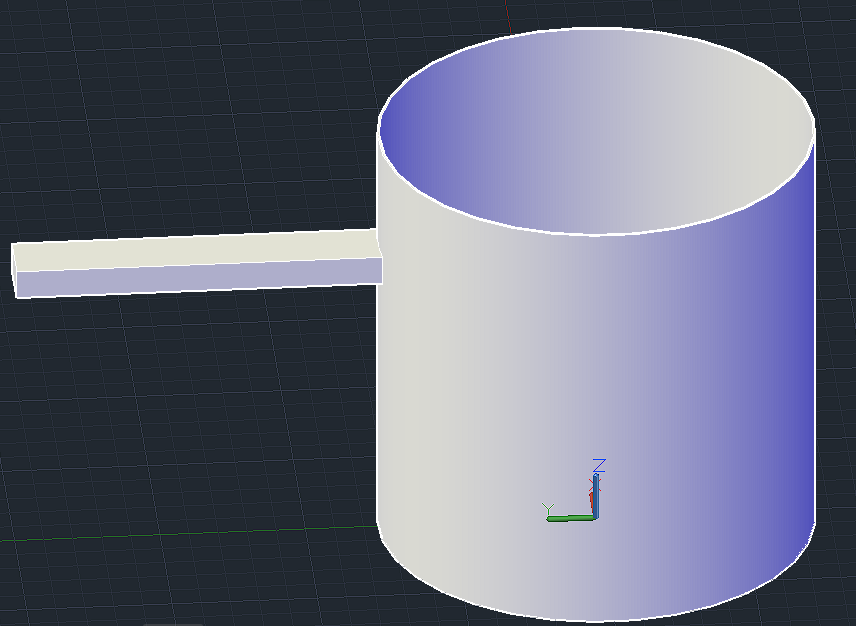


Рисунок 8.5 – Модель кастрюли с ручкой формы сотейника с параметрами по умолчанию

На рисунках 8.6-8.7 представлены модели с максимально введёнными параметрами.

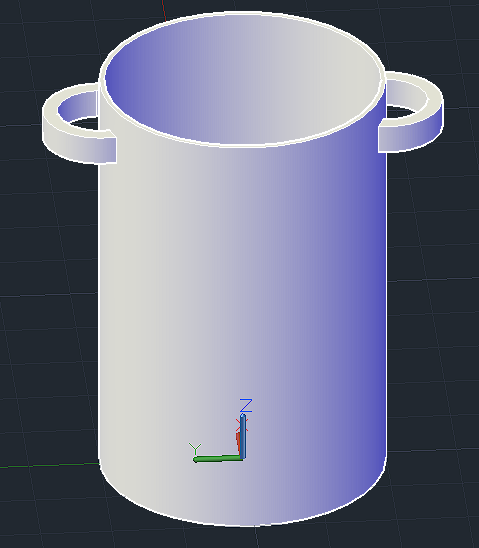


Рисунок 8.6 – Модель кастрюли с максимально введёнными параметрами

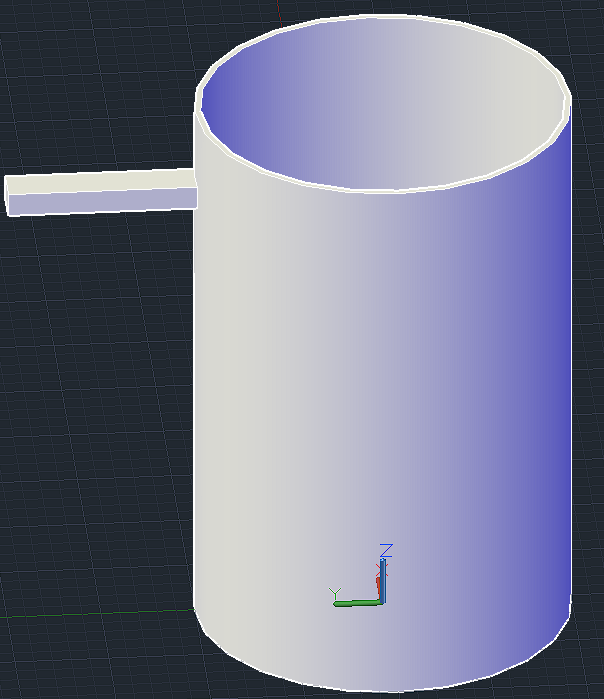


Рисунок 8.7 – Модель кастрюли с ручкой формы сотейника с максимально введёнными параметрами

## 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, Parameters. Покрытие модели тестами составило сто процентов, что показано на рисунке 8.8.

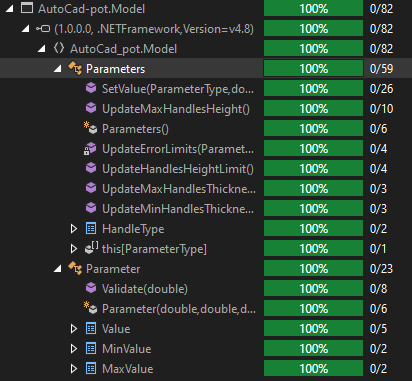


Рисунок 8.8 – Покрытие кода тестами

В таблицах 8.1 и 8.2 представлена информация о написанных юнит-тестах.

Таблица 8.1 – Юнит-тесты класса Parameter

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название теста | Описание | Входные параметры |
| Test\_MaxValue\_Get\_CorrectValue | Тест свойства MaxValue | - |
| Test\_MinValue\_Get\_CorrectValue | Тест свойства MinValue | - |
| Test\_Value\_Set\_WrongValue | Негативный тест присваивания значения в value | Double value |
| Test\_Value\_Get\_CorrectValue | Позитивный тест присваивания значения в value | - |
| Test\_DependentParameter\_Validate | Негативный тест валидации зависимого параметра | Double value |

Таблица 8.2 – Юнит-тесты класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название теста | Описание | Входные параметры |
| HandleTypeProperty | Тест свойства HandleType | - |
| Test\_SetValue\_ParameterType\_UpdateErrorLimits | Негативный тест обновления лимитов | ParameterType type, Double value |
| Test\_SetValue\_CorrectValue | Позитивный тест присвоения значения | ParameterType type, Double value |
| Test\_UpdateMaxHandlesHeight\_CorrectValue | Тест обновления максимального лимита параметра HandlesHeight | ParameterType type, Double value |
| Test\_UpdateHandlesThickness | Тест обновления границ параметра HandlesThickness | ParameterType type, Double value |
| Test\_UpdateHandlesHeightDefaultLimit | Тест присвоения стандартных границ параметра HandlesHeight | - |

## 8.3 Нагрузочное тестирование

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

* Процессор AMD Ryzen 5 3500U 2.1 GHz;
* 16 ГБ ОЗУ;
* Операционная система Windows 10 домашняя x64;
* Видеокарта AMD Radeon Vega 8 graphics с объёмом памяти 2 ГБ.

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

1. Высота кастрюли = 225 мм;
2. Диаметр кастрюли = 175 мм;
3. Толщина дна = 5.5 мм;
4. Толщина стенок = 1.75 мм;
5. Высота ручек = 15 мм (11.25 мм, если форма ручки - сотейник);
6. Толщина ручек = 5 мм.

На рисунках 8.9 и 8.10 показан результат данного тестирования.

Рисунок 8.9 – График зависимости времени построения от количества построенных моделей

Рисунок 8.10 – График зависимости загруженности памяти от количества построенных моделей

Тестирование длилось 6 минуты, было построено две тысячи моделей кастрюли со средними параметрами. Исходя из графика, представленного на рисунке 8.9, можно увидеть линейное влияние каждой построенной модели на время последующего моделирования. На рисунке 8.10 можно увидеть, что объём оперативной памяти также линейно увеличивается, но также может происходить частичное очищение памяти при достижении определённой загруженности. Также было решено провести второе нагрузочное тестирование, в процессе которого будут создаваться кастрюли с ручкой сотейника, в процессе построения которых используется меньше операций.

На рисунке 8.11 и 8.12 показан результат данного тестирования.

Рисунок 8.11 – График зависимости времени построения от количества построенных моделей

Рисунок 8.12 – График зависимости загруженности памяти от количества построенных моделей

Тестирование длилось 4 минут, было построено две тысячи моделей кастрюли со средними параметрами и ручкой сотейника. Исходя из графиков тестирования 8.11 и 8.12, можно выделить увеличение затрачиваемой памяти на построение деталей до достижения максимального занимаемого объема, после которого происходит частичное очищение памяти. Также можно заметить меньший максимум затрачиваемой памяти и времени по сравнению с построением кастрюль со стандартными ручками.

# Заключение

В процессе разработки приложения был создан плагин, позволяющий создавать 3D-модели кастрюль с различной формой ручки в САПР Autodesk AutoCAD.

Для разработки были изучены новые инструменты: Resharper, StyleCop.

При написании плагина мной был получен опыт использования новых библиотек, инструментов, 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](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fmarketplace.visualstudio.com%2Fitems%3FitemName%3DChrisDahlberg.StyleCop&cc_key=).
5. Autodesk Appstore [электронный ресурс]. – URL: <https://apps.autodesk.com/ACD/ru/Detail/Index?id=5237307566585001661&appLang=en&os=Win32_64>