Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения

высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

по дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОРСАПР)

Студент гр. 586-2

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Н.Р. Дууза

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020г.

Руководитель

К.т.н., доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.А. Калентьев

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020г.

2020

**РЕФЕРАТ**

Пояснительная записка 22 с., 17 рис., 16 источника.

SOLIDWORKS 2020, ПЛАГИН, ФОРМА ДЛЯ ВЫПЕЧКИ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, САПР.

Целью данной работы является разработка плагина, автоматизирующего построение модели «Форма для выпечки» для системы автоматизированного проектирования SOLIDWORKS 2020 [1] с помощью интегрированной среды разработки Visual Studio 2019 Сommunity [2].

В процессе работы изучены основные параметры формы для выпечки и основные функции API [3] системы автоматизированного проектирования SOLIDWORKS 2020.

В результате работы был создан плагин, автоматизирующий построение модели «форма для выпечки».

Отчет по пояснительной записке выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 [4].

**Оглавление**

[1 Введение 4](#_Toc38236828)

[2 Постановка и анализ задачи 5](#_Toc38236829)

[2.1 Описание предмета проектирования 5](#_Toc38236830)

[2.2 Выбор инструментов и средств реализации 6](#_Toc38236831)

[2.3 Назначение плагина 6](#_Toc38236832)

[2.4 Описание аналогов разрабатываемого продукта 7](#_Toc38236833)

[2.4.1 Описание САПР КОМПАС-3D 7](#_Toc38236834)

[2.4.2 Плагин PDF для САПР КОМПАС-3D 7](#_Toc38236835)

[2.4.3 Экспорт из КОМПАС-3D в формат 3D PDF 8](#_Toc38236836)

[3 Описание реализации 9](#_Toc38236837)

[3.1 Описание технических и функциональных аспектов проекта 9](#_Toc38236838)

[3.2 Диаграмма вариантов использования (Use Cases) 9](#_Toc38236839)

[3.3 Диаграмма классов 10](#_Toc38236840)

[4 Описание программы для пользователя 12](#_Toc38236841)

[5 Тестирование программы 14](#_Toc38236842)

[5.1 Функциональное тестирование 14](#_Toc38236843)

[5.2 Модульное тестирование 17](#_Toc38236844)

[5.3 Нагрузочное тестирование 19](#_Toc38236845)

[Заключение 20](#_Toc38236846)

[Список использованных источников 21](#_Toc38236847)

# 1 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. Она позволяет значительно повысить точность расчетов, выбрать наилучшие варианты для реализации на основе строгого математического анализа всех или большинства вариантов проекта с оценкой технических, технологических и экономических характеристик производства и эксплуатации проектируемого объекта, значительно повысить качество конструкторской документации, существенно сократить сроки проектирования и передачи конструкторской документации в производство, эффективнее использовать технологическое оборудование с программным управлением [5].

Таким образом, целью данной работы является разработка плагина, автоматизирующего построение модели «Форма для выпечки» для системы автоматизированного проектирования SOLIDWORKS 2020 с помощью интегрированной среды разработки Visual Studio 2019 Сommunity.

Интегрированная среда разработки Visual Studio — это стартовая площадка для написания, отладки и сборки кода, а также последующей публикации приложений. Интегрированная среда разработки (IDE) представляет собой многофункциональную программу, которую можно использовать для различных аспектов разработки программного обеспечения.

# 2 Постановка и анализ задачи

В рамках лабораторных работ в соответствии с технически заданием требовалось разработать плагин, который на основе входных параметров, интегрируя с системой SOLIDWORKS 2020, строит модель «Форма для выпечки». Необходимо чтобы плагин позволял создавать новый проект, сохранять текущий построенный проект, очищать, задавать параметры по умолчанию, а также изменять входные параметры формы такие как длина, ширина, высота, количество и высоту стен вдоль длины и ширины фигуры.

# 2.1 Описание предмета проектирования

Форма для выпечки – предмет кухонной утвари для выпекания хлебобулочных изделий, кондитерских изделий (пирогов, кексов, тортов и печенья) и других блюд с использованием духового шкафа, хлебопекарной или кондитерской печи [6].

Параметры формы для выпечки:

* длина формы X (от 200 до 400 мм);
* ширина формы Y (от 200 до 400 мм);
* высота формы Z (от 50 до 150 мм);
* количество стенок по длине X (не больше (X–10) / (SX + 5) мм);
* расстояние между стенками SX по Y (от 20 мм до (X-35) мм);
* количество стенок по длине Y (не больше (Y–10) / (SY + 5) мм);
* расстояние между стенками SY по Y (от 20 мм до (Y-35) мм);
* высота стенок по длине X (от 5 мм до Z – 5 мм);
* высота стенок по ширине Y (от 5 мм до Z – 5 мм);

Пример проектируемого изделия приведен ниже, на рисунке 2.1.

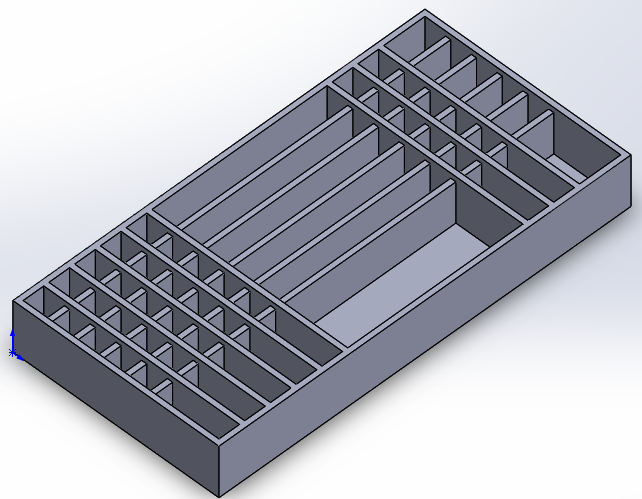


Рисунок 2.1 – Предмет изделия

# 2.2 Выбор инструментов и средств реализации

На основе требований к техническому заданию программа выполнена на языке программирования C# в среде Microsoft Visual Studio 2019 с использованием .NET Framework 4.8 [6], библиотеки «SolidWorks.Interop. sldworks» [7] версии 27.3 для основных операций в системе SOLIDWORKS 2020.

Инструментом тестирования и создания модульных тестов был выбран обозреватель тестов расширения для Visual Studio – ReSharper [8] с тестовым фреймворком NUnit [9] версии 3.12, процентное соотношение покрытия библиотеки тестами определено с помощью расширения для Visual Studio – dotCover [10].

Для реализации пользовательского интерфейса использовалась система для построения клиентских приложений Windows – Windows Presentation Foundation (WPF) [11].

# 2.3 Назначение плагина

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием форм для выпечки разных типов. Благодаря данному расширению, кондитеры могут наглядно рассмотреть спроектированную модель, при необходимости перестроить под необходимые им параметры.

# 2.4 Описание аналогов разрабатываемого продукта

# 2.4.1 Описание САПР КОМПАС-3D

КОМПАС-3D — система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий. Ключевой особенностью продукта является использование собственного математического ядра С3D и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН [12].

КОМПАС-3D обеспечивает поддержку наиболее распространенных форматов 3D-моделей (STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF), что позволяет организовывать эффективный обмен данными со смежными организациями и заказчиками, использующими любые CAD / CAM / CAE-системы в работе.

Система «Компас-3D» предназначена для создания трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы.

Система «Компас-3D» предоставляет следующие возможности:

* проектирование машиностроительных и приборостроительных изделий;
* классическое твердотельное моделирование;
* создание листовых деталей и обечаек;
* проектирование с применением сложных поверхностей;
* формирование электронной модели изделий;
* решение различных задач в архитектурно-строительном и технологическом проектировании;
* проектирование с помощью технологии MinD.

# 2.4.2 Плагин PDF для САПР КОМПАС-3D

Данный плагин позволяет производить экспорт моделей и сборок из КОМПАС-3D в формат PDF формат [13]. Основной особенностью является возможность интерактивного взаимодействия пользователя с сохраненной 3D сценой внутри PDF файла. Например, пользователь может вращать, масштабировать, передвигать детали и сборки внутри 3D PDF файла. Также доступно создание анимации сборки и разборки изделий. В подобных ситуациях традиционным подходом являлся экспорт сборки или детали КОМПАС-3D в промежуточный формат и дальнейшее сохранение в формат 3D PDF. Используемый подход в плагине исключает использование промежуточных файлов для осуществления 3D преобразования, что существенно повышает качество выходной 3D модели в формате PDF. Ключевые возможности:

* сохранение деталей и сборок в формате 3D PDF для интерактивного просмотра при помощи бесплатной программы Adobe Reader;
* создание анимации, имитирующих естественный порядок сборки и разборки создание имитации анимации гибки листовых тел;
* вставка в существующие PDF документы, содержащие основной текст, фоновые картинки, таблицы спецификаций, эмблемы, логотипы;
* пакетный режим для поочередной конвертации всех файлов.

# 2.4.3 Экспорт из КОМПАС-3D в формат 3D PDF

Пользователям КОМПАС-3D стала доступна функция экспорта созданных трехмерных моделей и дальнейшего их использования в создании технической документации. Экспорт происходит в формате 3D PDF [14].

Главной особенностью является то, что пользователь по-прежнему имеет возможность интерактивно взаимодействовать с 3D сценой, находясь внутри файла 3D PDF. То есть пользователь может передвигать детали, вращать их, масштабировать, передвигать сборки внутри самого файла. Пользователь также может создать анимацию сборки и разборки изделия. Этот функционал очень удобен. Он используется при создании презентаций, маркентиговых материалов, при подготовке интерактивных сборочных конструкций. Он значительно упрощает взаимодействие между заказчиками и проектировщиками.

# 3 Описание реализации

# 3.1 Описание технических и функциональных аспектов проекта

Для графического описания абстрактной модели проекта, а также пользовательского взаимодействия (сценарии действия) использован стандарт UML [15].

UML язык графического описания для объектного моделирования в обрасти разработки программного обеспечения. UML является языком широкого профиля, это – открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы, называемой UML – моделью. UML был создан для определения, визуализации, проектирования и документирования, в основном, программных систем. UML не является языком программирования, но на основании UML возможна генерация кода и наоборот.

При использовании UML были простроены: диаграмма использования и диаграмма классов.

# 3.2 Диаграмма вариантов использования (Use Cases)

Ниже, на рисунке 3.1 представлена диаграмма вариантов использования.

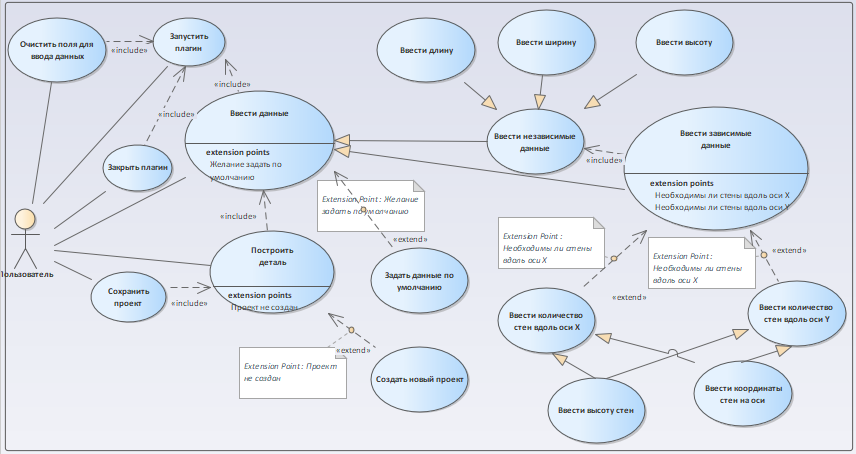


Рисунок 3.1– Диаграмма вариантов использования

# 3.3 Диаграмма классов

В данном проекте для были спроектированы следующие классы.

«Drawer» содержит в себе методы рисования 3D модели в программе «SolidWorks 2020», принимая класс «Figure», содержащий пользовательские настройки фигуры.

«FigureValidator» проверяет входные данные, введенные в графическом интерфейсе. В случае ввода неверных данных класс для проверки данных выбрасывает исключение «FigureExceptoin», содержащее в себе описание ошибки «FigureError».

Интерфейс «ISolidWorksCommander» включает команды для управления программой «SolidWorks 2020», его наследует и реализует «SolidWorksCommander».

«FigureSettings» содержит настройки фигуры, «SolidWorksSettings» настройки программы «SolidWorks 2020».

Классы «Walls» описывает высоту стен и точки вдоль вектора перечисления «Vector», «SizeRange» содержит диапазон размеров векторов.

Для взаимодействия пользователя и приложения в MVVM используется команды – класс «RelayCommand», который наследует интерфейс ICommand.

«MainWindow» является графическим интерфейсом, содержит в себе «ApplicationVm», который имеет команды для создания нового, сохранения текущего проекта, класс «FigureVm» позволяет задать настройки фигуры в графическом представлении.

Ниже, на рисунке 3.2 представлена диаграмма классов.

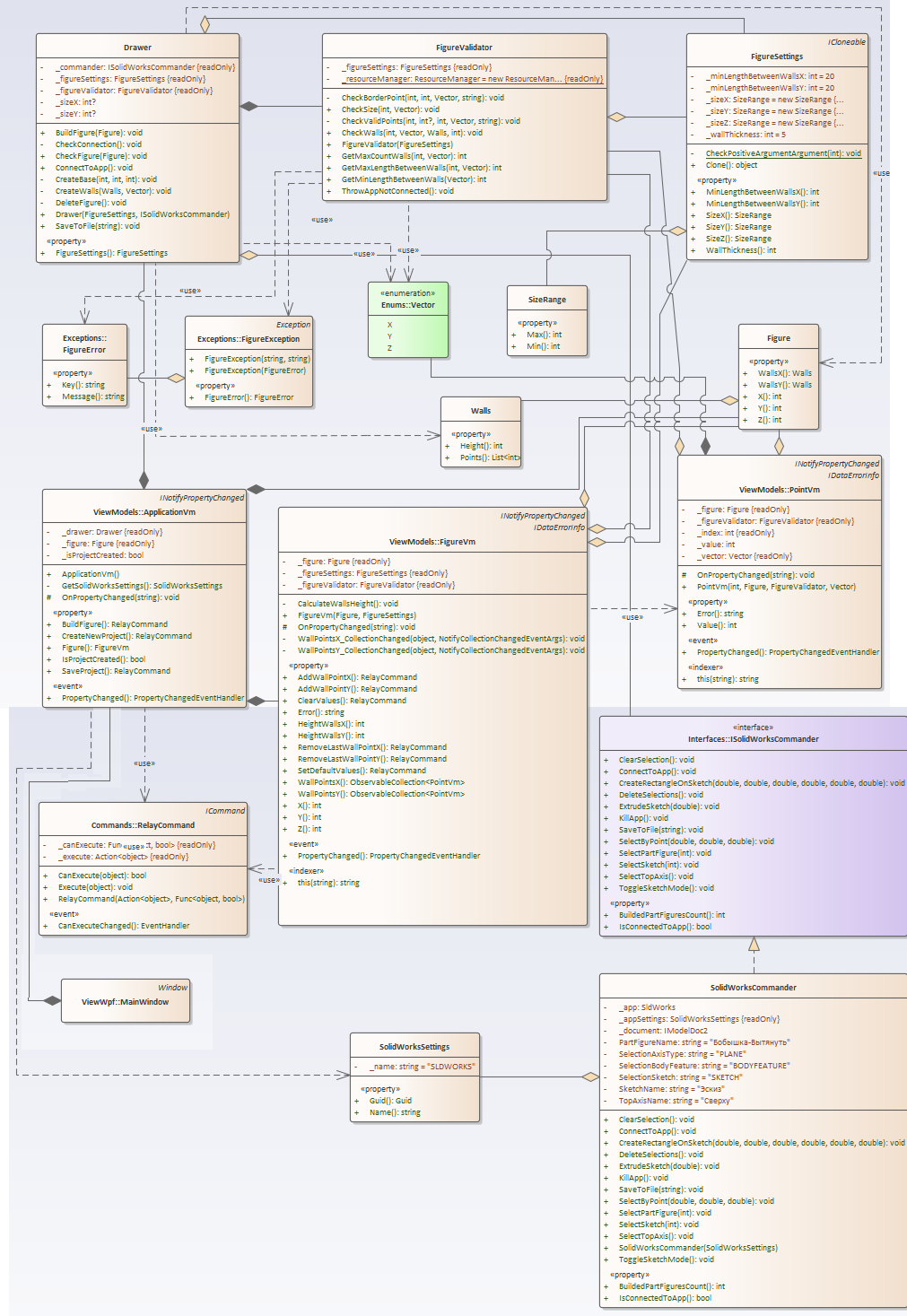
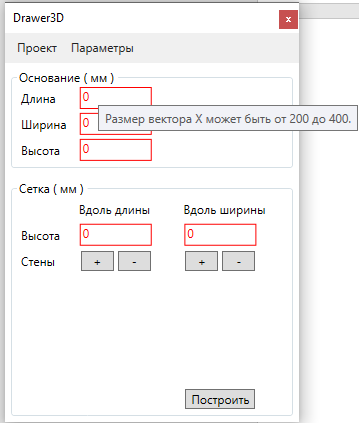


Рисунок 3.2 – Диаграмма классов

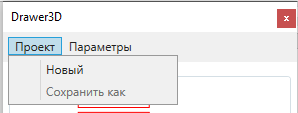
# 4 Описание программы для пользователя

Плагин состоит из диалогового окна, который имеет меню, блоки «Основание», «Сетка». При запуске имеет следующий вид (рисунок 4.1).

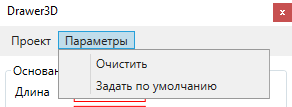
  
Рисунок 4.1 – Начальный вид диалогового окна

При старте плагина поля для ввода данных выделены красным цветом, что означает некорректность введенных данных. Под каждое поле ввода в случае ошибки (выделено красным) можно узнать причину ошибки, наведя курсор мыши на данное поле.

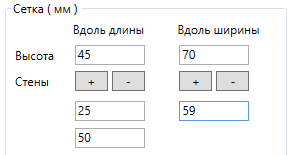
Меню программы постоит из вкладок «Проект» и «Параметры». Во вкладке «Проект» реализован функционал для создания нового и сохранения текущего проекта, уже построенного в САПР SOLIDWORKS 2020.

  
Рисунок 4.1 – Функционал вкладки «Проект»

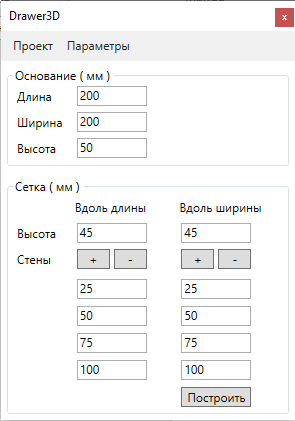
Введенные параметры в блоки «Основание», «Сетка» можно очистить или задать по умолчанию с помощью функционала, который реализован во вкладке «Параметры» (рисунок 4.2).

  
Рисунок 4.2 – Функционал вкладки «Параметры»

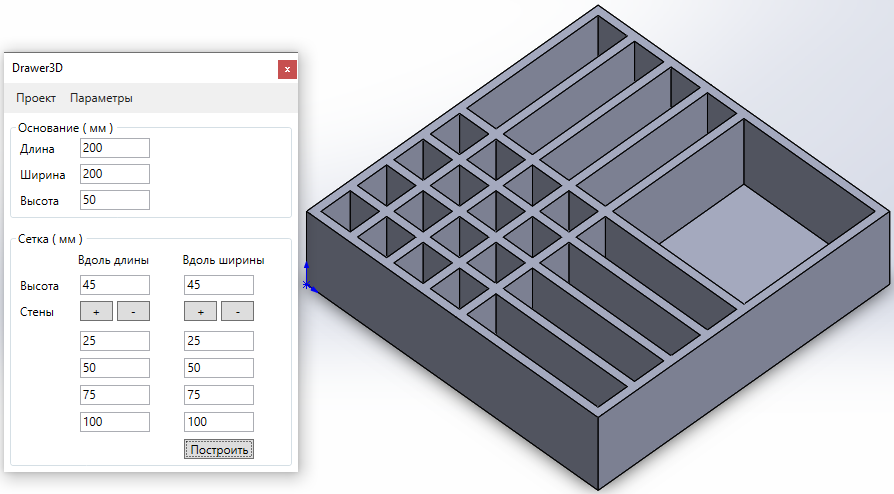
В блоке «Основание» необходимо ввести длину, ширину и высоту проектируемой модели «Форма для выпечки». В случае если необходимо добавить стены вдоль длины, глубины, то необходимо ввести их высоту, а также изменить количеств стен, нажав на кнопки «+», «–» (рисунок 4.3).

  
Рисунок 4.3 – Изменение количества стен вдоль длины и ширины

Нажав, на «Параметры – Задать по умолчанию», форма с полями для ввода данных примет следующий вид (рисунок 4.4).

  
Рисунок 4.4 – Диалоговое окно плагина

После ввода необходимых параметров, построить делать в САПР SOLIDWORKS 2020 можно с помощью кнопки «Построить», заранее убедившись, что у плагина создан проект. Например, фигура, построенная по заданным параметрам по умолчанию, выглядит следующим образом (рисунок 4.5).

  
Рисунок 4.5 – Модель, построенная по заданным параметрам по умолчанию

# 5 Тестирование программы

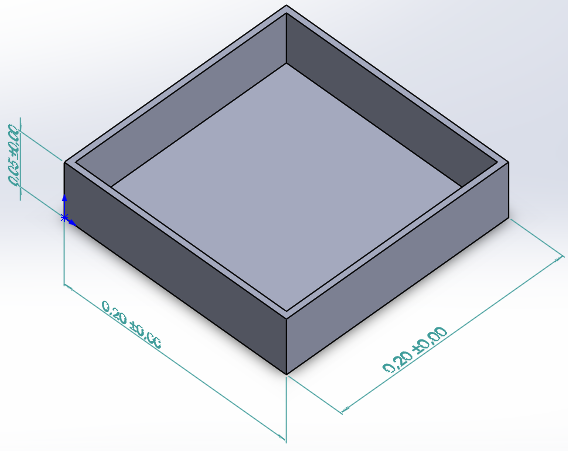
Тестирование позволяет убедиться в работоспособности программы, выявлять ошибки при изменении какого-либо функционала.

# 5.1 Функциональное тестирование

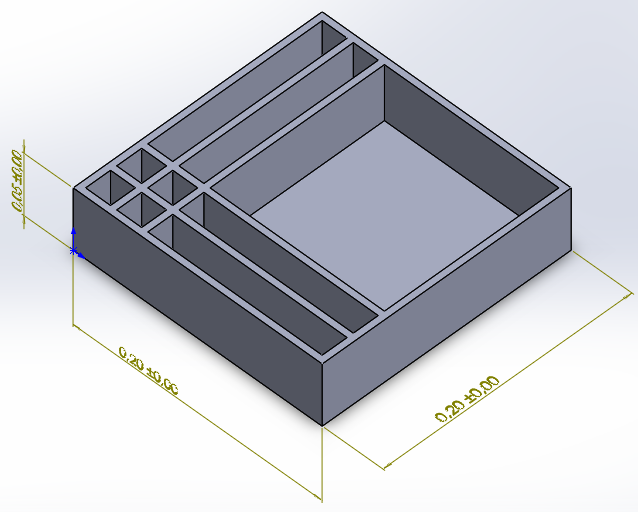
При функциональном тестировании проверялось корректность работы плагина «Форма для выпечки», а именно, соответствие полученного результата в виде трехмерной модели, с входными параметрами.

Проведено тестирование максимальных и минимальных параметров модели.

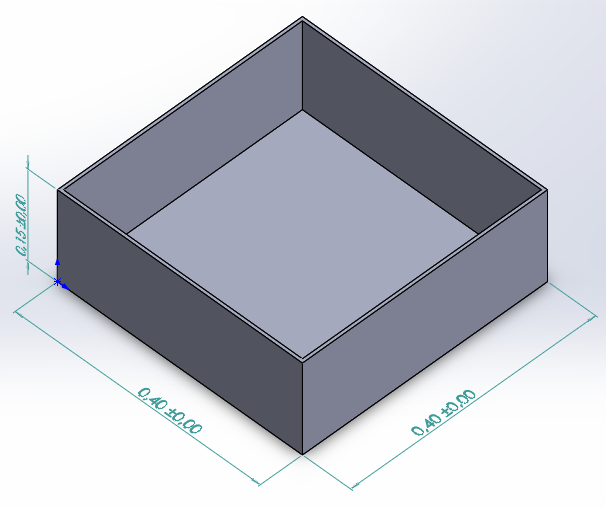
Ниже на рисунке 5.1 представлена проверка размеров модели с минимальным введенными параметрами без стен (длина 200 мм, ширина 200 мм, высота 50 мм).

  
Рисунок 5.1 – Модель с минимальными веденными параметрами без стен

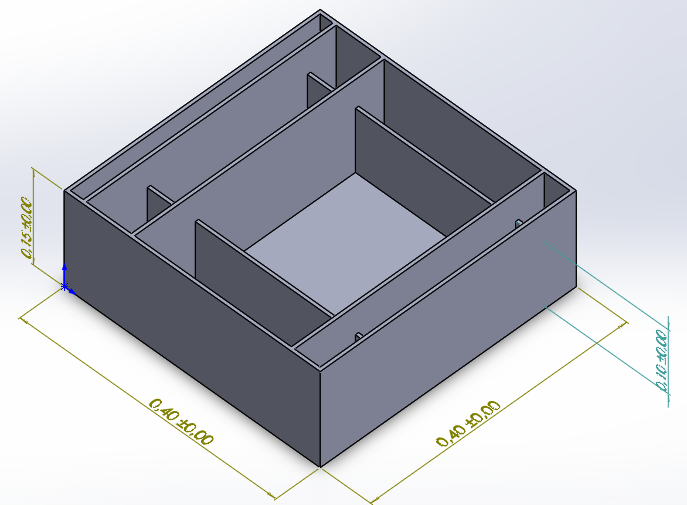
Ниже на рисунке 5.2 представлена проверка размеров модели с минимальным введенными параметрами с четырьмя стенами (длина 200 мм, ширина 200 мм, высота 50 мм, высота стен 45 мм, вдоль двух сторон стены построены по точкам 25, 50).

  
Рисунок 5.2 – Модель с минимальными веденными параметрами со стенами

Ниже на рисунке 5.3 представлена проверка размеров модели с максимальными введенными параметрами без стен (длина 400 мм, ширина 400 мм, высота 150 мм).

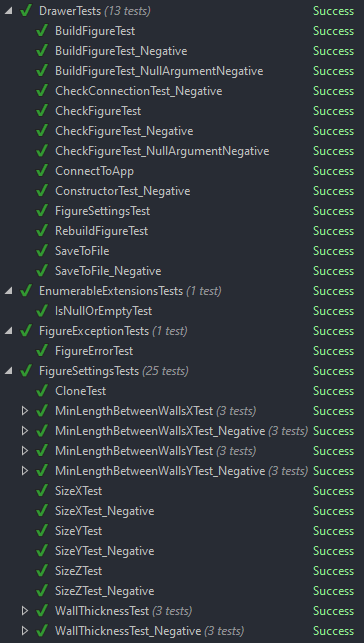
  
Рисунок 5.3 – Модель с минимальными веденными параметрами без стен

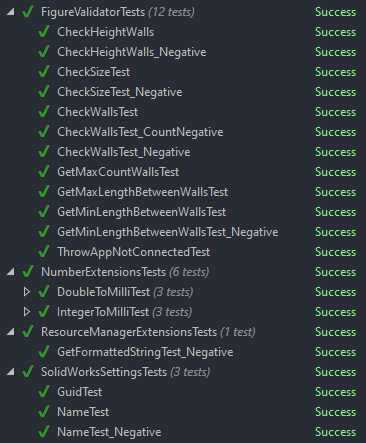
Ниже на рисунке 5.4 представлена проверка размеров модели с максимальными введенными параметрами с шестью стенами (длина 400 мм, ширина 400 мм, высота 150, высота стен вдоль длины 150 мм, высота стен вдоль ширины 100 мм, вдоль двух сторон стены построены по точкам 25, 100, 300).

  
Рисунок 5.4 – Модель с максимальными веденными параметрами со стенами

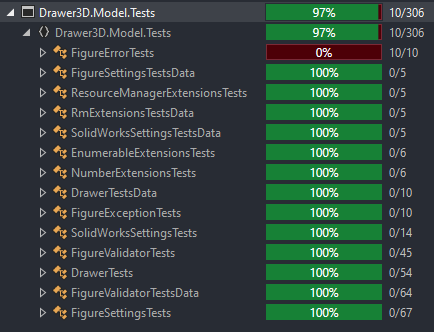
# 5.2 Модульное тестирование

В целях проверки корректности работы методов и свойств классов при помощи обозревателя тестов расширения для Visual Studio – ReSharper с тестовым фреймворком NUnit версии 3.12 проведено модульное тестирование [11], проверялись открытые поля и методы.

  
Рисунок 5.5 – Тестовые классы «DrawerTests», «EnumerableExtensionsTests» «FigureExceptionTests», «FigureSettingsTests»

  
Рисунок 5.6 – Тестовые классы «FigureValidatorTests», «NumberExtensionsTests», «ResourceManagerExtensionsTests», «SolidWorksSettingsTests»

Процентное соотношение покрытия библиотеки тестами определено с помощью расширения для Visual Studio – dotCover.

  
Рисунок 5.7 – Покрытие библиотеки тестами

# 5.3 Нагрузочное тестирование

В целях проверки производительности работы плагина, было проведено нагрузочное тестирование [16]. Для проведения нагрузочного тестирования был добавлен таймер, который засекал время от начала до конца построения. Было проведено 4 эксперимента на 20 построений каждый, которые реализовывались в цикле, после каждого построения, текущий интервал записывался в список интервалов.

Тестирование производилось на ПК со следующей конфигурацией:

Процессор: Intel Core i7-4710HQ

Графическая система: Intel HD Graphics 4600

ОЗУ: 16 GB DDR 1333 MHz

В первом случае проводилось построение модели c длиной 200 мм, шириной 200 мм, высотой 50 мм, 4 стенками. Среднее время построения модели составило 7.665 секунд. При этом программой было задействована 17.5% ЦП.

В втором случае проводилось построение модели c длиной 400 мм, шириной 400 мм, высотой 150 мм, 8 стенками. Среднее время построения модели составило 8.900 секунд. При этом программой было задействована 17.5% ЦП.

В третьем случае проводилось построение модели c длиной 300 мм, шириной 300 мм, высотой 100 мм, без стенок. Среднее время построения модели составило 4.01 секунды. При этом программой было задействована 10% ЦП.

В четвертом случае проводилось построение модели c длиной 400 мм, шириной 400 мм, высотой 150 мм, без стенок. Среднее время построения модели составило 4.12 секунды. При этом программой было задействована 10% ЦП.

Стоит отметить, что графическая система данного ПК является устарелой, маломощной для моделирования. Выявлено, что производительность.

# Заключение

В ходе выполнения лабораторных работ были изучены предметная область проектирования, предмет проектирования, аналоги предмета проектирования, API и на основании полученных данных были спроектированы UML диаграммы классов, разработан плагин для создания 3D моделей «Форма для выпечки» в САПР SOLIDWORKS 2020.

# Список использованных источников

1. SOLIDWORKS 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.solidworks.com/> (дата обращения: 20.04.2020);
2. Visual Studio [Электронный ресурс]. – URL: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/> (дата обращения: 20.04.2020);
3. Что такое API? Хабр [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/post/464261/> (дата обращения: 20.04.2020);
4. Microsoft Word 2016 [Электронный ресурс]. – URL: <https://officeproduct.info/> (дата обращения: 20.04.2020);
5. Автоматизация вычислительных процедур в прикладных задачах инженерного проектирования [Электронный ресурс]. – URL: https://scienceforum.ru/2014/article/2014000201 (дата обращения: 20.04.2020);
6. Форма для выпечки [Электронный ресурс]. – URL: <https://dombutik.ru/utvar-dlya-gotovki/konditerskii-tsekh.html/nid/69986> (дата обращения: 20.04.2020);
7. SolidWorks.Interop.sldworks Namespace. SOLIDWORKS API Help. [Электронный ресурс]. – URL: https://help.solidworks .com/2019/English/api/sldworksapi/SolidWorks.Interop.sldworks~SolidWorks.Interop.sldworks\_namespace.html (дата обращения: 20.04.2020);
8. ReSharper. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/resharper/> (дата обращения: 20.04.2020);
9. NUnit [Электронный ресурс]. – URL: <https://nunit.org/> (дата обращения: 20.04.2020);
10. dotCover. Инструмент для запуска юнит-тестов .NET и оценки покрытия кода [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/dotcover/> (дата обращения: 20.04.2020);
11. Начало работы с WPF [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/designers/getting-started-with-wpf?view=vs-2019> (дата обращения: 20.04.2020);
12. КОМПАС-3D: О программе. Официальный сайт САПР КОМПАС [Электронный ресурс]. – URL: <http://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения: 20.04.2020);
13. Плагин PDF [Электронный ресурс]. – URL: <http://gkmsoft.ru/allcatalog/pdf2dkompas_plugin/> (дата обращения: 20.04.2020);
14. 3D PDF [Электронный ресурс]. – URL: <http://sapr-journal.ru/novosti/eksport-iz-kompas-3d-v-formate-3d-pdf/> (дата обращения: 20.04.2020);
15. UML [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.uml.org/> (дата обращения: 13.04.2020);
16. Нагрузочное тестирование: с чего начать и куда смотреть [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/company/jugru/blog/329174/> (дата обращения: 20.04.2020);