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 «Волновод» для САПР «Компас-3D» v.20

Пояснительная записка по дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОрСАПР)

Выполнил:

Студент гр.588-3

\_\_\_\_\_\_\_Белоус Г.В.

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г.

Руководитель:

к.т.н., доцент

каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_Калентьев А.А.

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г.

**РЕФЕРАТ**

Лабораторная работа 25 с., 16 рис., 11 источников.

Ключевые слова: КОМПАС-3D, VISUAL STUDIO, C#, КОМПАС API, ПЛАГИН, САПР.

Целью данной работы является разработка плагина для автоматизации проектирования модели волновода.

Результатом работы является плагин, осуществляющий построение волновода по заданным пользователям параметрам.

Пояснительная записка выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

**Содержание**

[1 Введение 4](#_Toc91334109)

[2 Постановка и анализ задачи 5](#_Toc91334110)

[2.1 Описание предмета проектирования 6](#_Toc91334111)

[2.2 Выбор инструментов и средств реализации 7](#_Toc91334112)

[2.3 Назначение плагина 7](#_Toc91334113)

[3 Обзор аналогов 8](#_Toc91334114)

[4 Описание реализации 9](#_Toc91334115)

[4.1 Диаграмма классов 9](#_Toc91334116)

[5 Описание программы для пользователя 14](#_Toc91334117)

[6 Тестирование плагина 17](#_Toc91334118)

[6.1 Функциональное тестирование 17](#_Toc91334119)

[6.2 Модульное тестирование 19](#_Toc91334120)

[6.3 Нагрузочное тестирование 20](#_Toc91334121)

[Заключение 24](#_Toc91334122)

[Список использованных источников 25](#_Toc91334123)

# 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 [1].

Таким образом, целью данной работы является разработка плагина, автоматизирующего построение модели «Волновод» для системы автоматизированного проектирования Компас-3D с помощью интегрированной среды разработки Visual Studio 2019 Сommunity. [2]

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.

# Постановка и анализ задачи

В рамках лабораторных работ в соответствии с технически заданием требовалось разработать плагин, который на основе входных параметров, интегрируя с системой Компас-3D, строит модель «Волновод» [3].

Ящик для деталей – емкость с ячейками для хранения небольших объектов, таких как: шурупы, гвозди, подшипники, резиновые прокладки, радиодетали для плат и т.д.

Также нужно было реализовать объединение ячеек (дополнительное задание). Необходимо чтобы плагин позволял задавать параметры по умолчанию, а также изменять входные параметры ящика, такие как:

* ширину ящика;
* глубину ящика;
* высоту ящика;
* толщину внешних стенок;
* толщину внутренних перегородок;
* толщину днища ящика;
* количество ячеек на ширину ящика;
* количество ячеек на длину ящика.

## Описание предмета проектирования

Предметом проектирования является волновод.

Волновод являются полезным и функциональным каналом для распространения волны, широко применяющиеся в разных областях техники.[7]

Волноводы служат для передачи энергии в СВЧ трактах (например, от передатчика к антенне). Такой тракт обычно состоит из различных (по форме и размерам) радиволноводов, угловых изгибов и пр. Для сочленения радиоволноводов разных поперечных сечений применяются плавные волноводные переходы с переменным сечением (например, рупорный переход).

Под желание заказчика в волноводе могут изменять параметры, приведенные ниже:

1. A — диаметр отверстий в креплениях 3.5 до 4.8 мм;
2. B — радиус фаски креплений от 1 до 7 мм;
3. C — высота креплений от 65 до 100 мм;
4. D — ширина креплений от 80 до 150 мм;
5. E — толщина креплений от 10 до 20 мм;
6. F — длина волновода от 300 до 1000 мм;
7. G — ширина сечения от 30 до 100 мм;
8. O — толщина стенки сечения от 5 до 10 мм;
9. K — высота сечения от 15 до 50 мм;
10. H — расстояние от угла сечения до отверстия в креплении от 20 до 50 мм.

Плагин имеет следующие зависимости:

1. Ширина креплений D должна быть строго на 50 мм больше ширины сечения G;

2. Высота креплений C должна быть строго на 50 мм больше высоты сечения K;

3. Ширина сечения G должна быть в два раза больше высоты сечения K.

На рисунке 2.1 показан общий вид волновода:

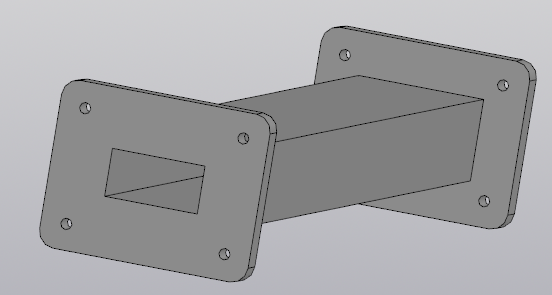


Рисунок 2.1 – Общий вид волновода

На рисунках 2.2 и 2.3 представлены передний и верхний вид волновода с указанными параметрами:



Рисунок 2.2 – Вид спереди



Рисунок 2.3 – Вид сверху в разрезе

## 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 4.7.2 [2], библиотека «Inventor» [4] для основных операций в САПР Inventor.

Инструментом тестирования и создания модульных тестов был выбран тестовый фреймворк NUnit [5] версии 3.13.2.

Для реализации пользовательского интерфейса использовалась система для построения настольные приложения WPF [6].

## Назначение плагина

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием ящиков для деталей, рассчитанных на различное количество ячеек. Благодаря данному расширению, проектировщики могут наглядно рассмотреть спроектированную модель, при необходимости перестроить под необходимые им параметры.

# Обзор аналогов

**Пакет μWave Wizard**

Пакет μWave Wizard представляет собой специализированное программное обеспечение для проектирования СВЧ устройств, использующее метод согласованных мод (Mode-Matching), который наилучшим образом подходит для моделирования и оптимизации пассивных СВЧ устройств и антенн. Метод согласованных мод и его производные (быстрые гибридные методы граничного контура (MM / boundary contour) и конечных элементов (MM / finite-element method) обеспечивают непревзойденную скорость и точность вычислений для этих задач. [6]

Секрет быстродействия пакета μWave Wizard кроется в использовании метода согласованных мод (Mode-Matching) и его производных для анализа сложных трехмерных структур, где на первый взгляд, избежать полного 3D EM анализа невозможно. Тем не менее, для структур с очень сложной геометрией в пакете μWave Wizard сейчас реализован 3D FEM вычислитель, обеспечивающий ряд функциональных возможностей недоступных в методе согласованных мод (MM).

Мощный набор численных методов, реализованных в пакете μWave Wizard, дополняется простым и эргономичным пользовательским интерфейсом, обеспечивающим требуемую гибкость и открытость. Дальнейшее развитие пакета предполагает последовательную реализацию последних теоретических и математических подходов анализа СВЧ устройств.

Типичными приложениями для программы μWave Wizard являются пассивные волноводные структуры и компоненты, такие как волноводные и комбинированные фильтры, мультиплексоры, ответвители, переходы, рупорные антенны, кластерные фидерные системы, поляризаторы, мосты и многое другое. Библиотеки программы объединяют свыше 230 различных волноводных, комбинированных и коаксиальных элементов.

Интерфейс пакета показан на рисунке 1.1.



Рисунок 3.1 — Интерфейс пакета **μWave Wizard**

# Описание реализации

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

UML язык графического описания для объектного моделирования в области 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. [9]

При использовании UML были простроена диаграмма классов.

## Диаграмма классов

Диаграмма классов – структурная диаграмма языка моделирования UML, демонстрирующая общую структуру иерархии классов системы, их коопераций, атрибутов (полей), методов, интерфейсов и взаимосвязей между ними.

На рисунке 4.1 представлена изначальная диаграмма классов.

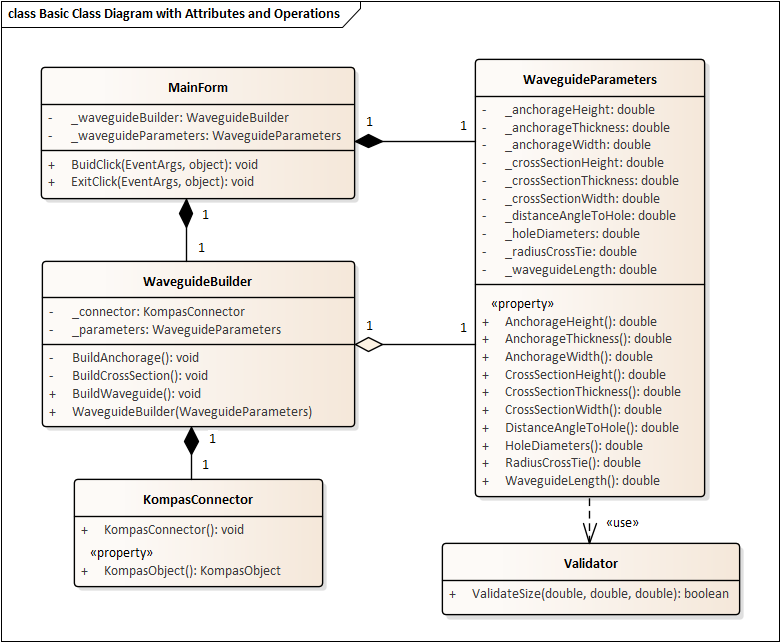


Рисунок 4.1 – Изначальная диаграмма классов

Главной сущностью является PartsBoxAddInServer который реализует интерфейс ApplicationAddInServer обязательный для всех плагинов Inventor. При запуске Inventor с установленным плагином он добавляет в документе новой детали на вкладке “Tools” группу с названием “Parts Box Wizard” с кнопкой “Build”.

PartsBoxAddInServer композирует PartsBoxBuilder – класс содержащий методы построения модели ящика для деталей.

Так же класс PartsBoxAddInServer содержит поле с экземпляром главного окна приложения.

MainVM – модель-представления главного окна, реализует ViewModelBase из библиотеки **MvvmLightLib**. Служит для связи между видом окна и моделью.

PartsBoxParameters – модель, хранит параметры ящика для деталей. Реализует ViewModelBase и интерфейс INotifyDataErrorInfo для проверки введенных данных на форме.

IMessageBoxService – сервис для работы с окнами сообщений.

MessageBoxService реализует IMessageBoxService. В классе содержится метод Show принимающий в качестве аргументов заголовок и текст сообщения, а также элементы перечислений MessageBoxIcon и MessageBoxButton, которые определяют тип картинки и кнопок соответственно.

Статический класс Validator производит проверку присваиваемых в PartsBoxParameters данных.

В итоговом проекте созданы следующие классы и методы, которые отображены на итоговой диаграмме классов (рисунок 4.2).

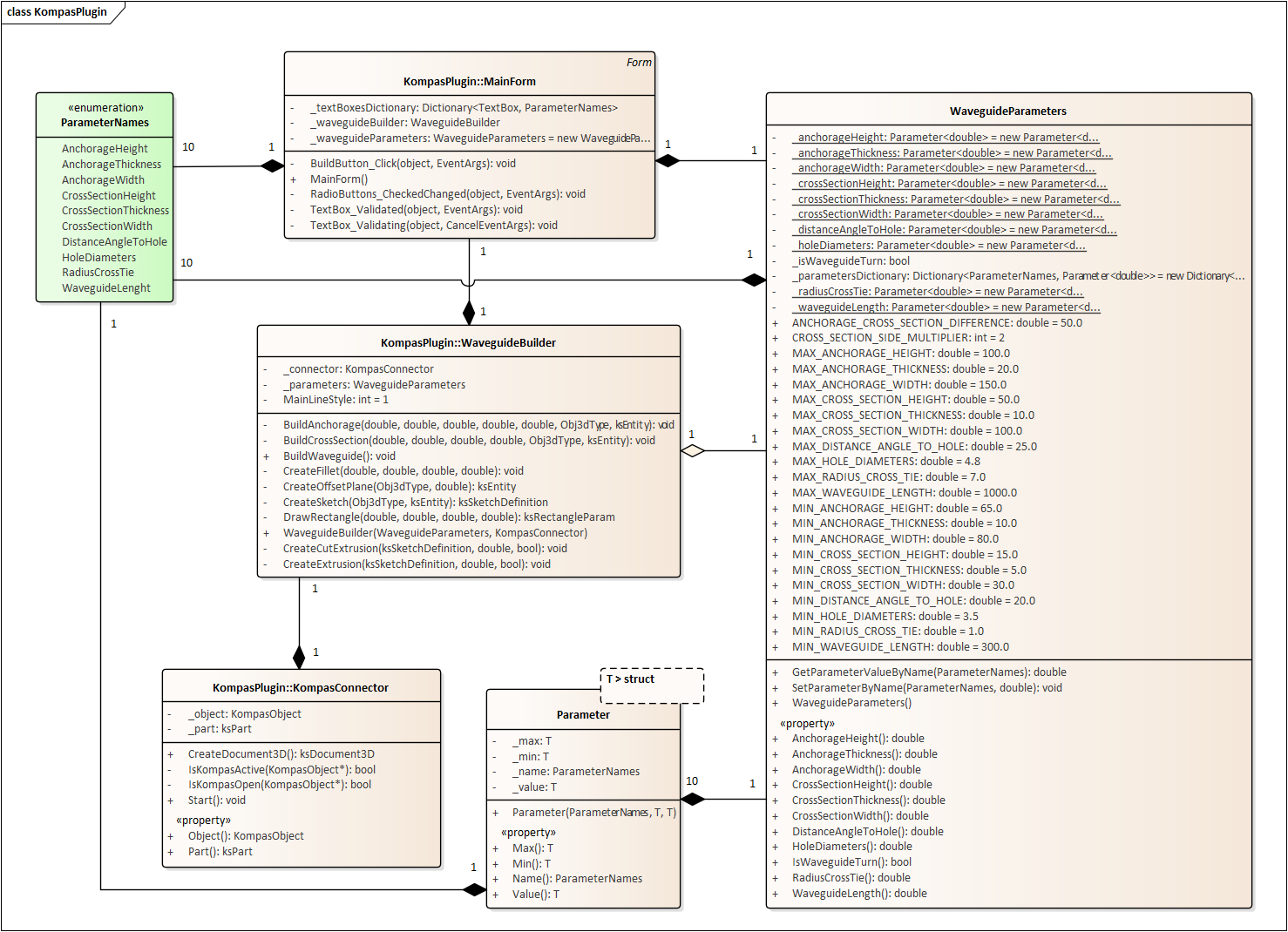


Рисунок 4.2 – Итоговая диаграмма классов

Был добавлен интерфейс IClosable, который реализует главное окно. Данный интерфейс служит для создания возможности закрытия окна через экземпляр его модели представления.

Для реализации дополнительной функциональности был добавлен класс CellInfo, который хранит информацию с данными для объединения ячеек.

Для более простой и удобно поддерживаемой реализации проверки ввода данных был создан класс DataErrorViewModelBase, который реализует интерфейс INotifyDataErrorInfo. PartsBoxParameters реализует данный класс и переопределяет метод проверки и генерации сообщений об ошибках для передачи их визуальной части плагина.

# Описание программы для пользователя

Пользовательский интерфейс состоит из окна, в котором вводятся данные для построения модели коробки для деталей. Если все данные были введены корректно, то при нажатии кнопки “Build” происходит построение модели. При наличии ошибок в вводе параметров построение не произойдет и пользователю выведется сообщение об ошибке. Кнопка “Clear All” очищает все поля параметров.

Так же под списком параметров расположен элемент для объединения ячеек. При нажатии на ячейку она отмечается как “ячейка для объединения” и меняет свой цвет на зеленый. При повторном нажатии выделение снимается. При построении детали ячейки, выделенные зеленым цветом, будут объединены.

На рисунке 5.1 представлен макет интерфейса программы.

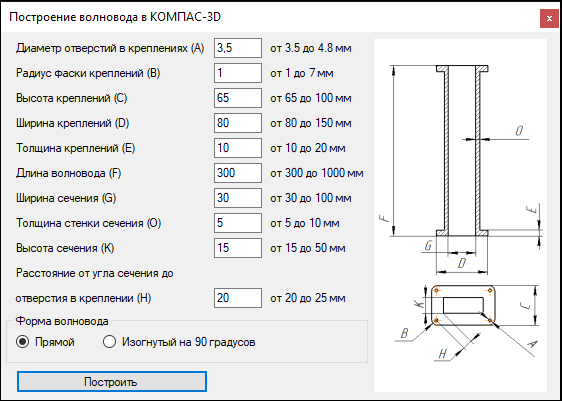


Рисунок 5.1 – Пользовательский интерфейс PartsBoxBuilder

Если ввести неверные параметры, то кнопка Build будет заблокирована для нажатия, а поля с неправильными данными будут выделены красным цветом и при наведении на них курсором мыши будет появляться сообщение с описанием ошибки. На рисунке 5.2 представлен макет интерфейса с некорректно введенными данными.

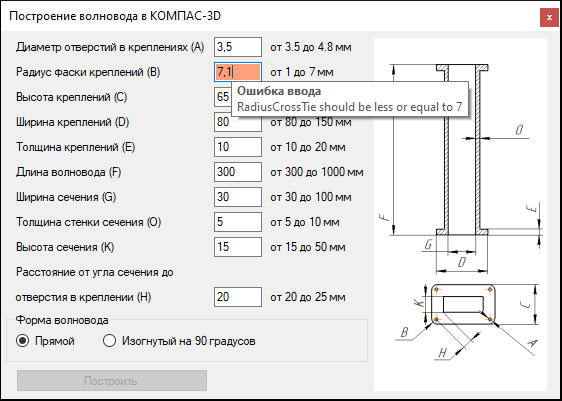


Рисунок 5.2 – Макет интерфейса с неверно введенными данными

После ввода корректных параметров кнопка Построить будет снова доступна и при ее нажатии будет построена модель ящика для деталей.

Ящик, построенный по заданным параметрам по умолчанию представлен на рисунке 5.3



Рисунок 5.3 – Модель волновода, построенная

по параметрам по умолчанию

Модель ящика, построенная с объединением ячеек представлена на рисунке 5.4

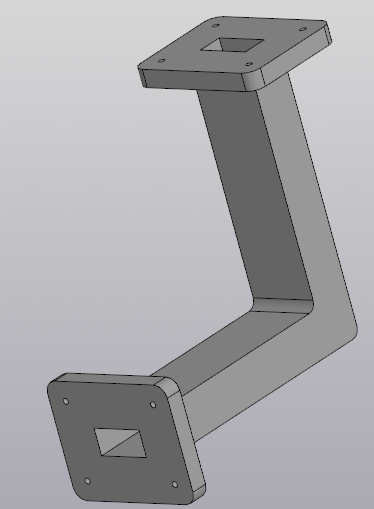


Рисунок 5.4 – Модель изогнутого волновода

# Тестирование плагина

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

## Функциональное тестирование

При функциональном тестировании проверялось корректность работы плагина «Забор», а именно, соответствие полученного результата в виде трехмерной модели, с входными параметрами. [10]

Проведено тестирование максимальных и минимальных параметров модели.

На рисунке 6.1 представлена модель с минимально введенными параметрами.



Рисунок 6.1 – Модель волновода с минимальными введенными параметрами

На рисунке 6.2 представлена модель ящика с максимальными введенными параметрами.

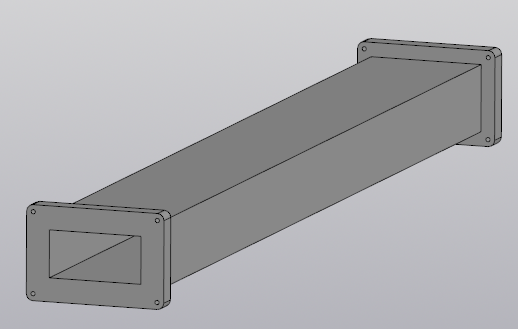


Рисунок 6.2 – Модель волновода с максимальными параметрами

На рисунке 6.3 представлена модель ящика с объединёнными ячейками.

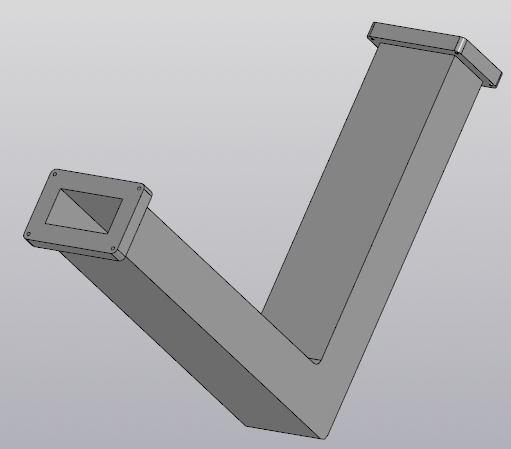


Рисунок 6.3 – Модель изогнутого волновода

## 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: PartsBoxParameters, CellInfo, Validator. На рисунке 6.4 представлена информация о модульном тестировании программы. Покрытие модели тестами составило сто процентов.

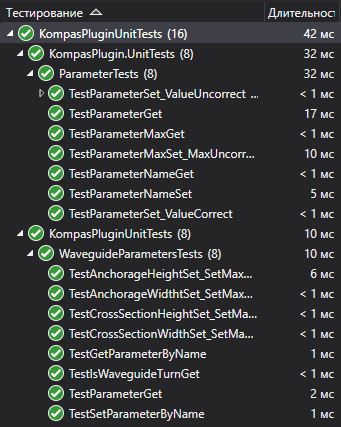


Рисунок 6.4 – Модульное тестирование плагина

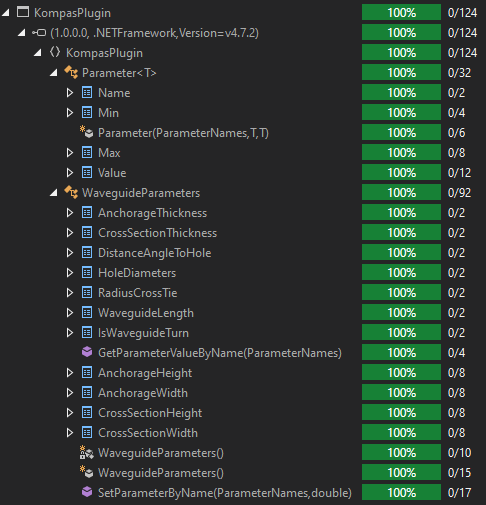


Рисунок 6. – Покрытие кода тестами

## Нагрузочное тестирование

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

– ЦП ntel(R) Core(TM) i5-4200M CPU 2.50GHz;

– 4 ГБ ОЗУ;

– графический процессор объемом памяти 2 ГБ.

Для нагрузочного тестирования был задан бесконечный цикл построения детали. Для измерения времени был использован класс Stopwatch. Тестирование заключалось в построении волновода с минимальными параметрами. На рисунке 6.5 представлен график зависимости времени от количества построенных деталей.

Рисунок 6.5 – График зависимости времени построения

от количества деталей

На рисунке 6.6 представлен график зависимости загруженности памяти от количества построенных деталей

Рисунок 6.6 – График зависимости загруженности памяти

от количества построенных деталей

Тестирование длилось десять минут, было построено 66 моделей изогнутого волновода с минимальными параметрами. Исходя из графика, представленного на рисунке 6.5 можно выделить линейную зависимость времени построения детали от ее номера. На графике 6.6 линейная зависимость загруженности памяти от количества построенных деталей наблюдается только на интервале до восемнадцатой детали. Резкие уменьшения потребления памяти скорее всего обусловлены тем, что Компас 3D подключает алгоритмы оптимизации при достижении максимальной занимаемой оперативной памяти компьютера.

Так же немаловажным фактором является использование файла подкачки, а точнее переход в виртуальную память. Виртуальная память — метод [управления памятью](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C%D1%8E) [компьютера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80), позволяющий выполнять программы, требующие больше [оперативной памяти](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C), чем имеется в компьютере, путём автоматического перемещения частей программы между основной памятью и вторичным хранилищем (например, [твердотельным](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D1%91%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA) накопителем)[11].

Исходя из этого было решено провести второе нагрузочное тестирование изменив следующие параметры:

* увеличить количество ячеек с одной до двадцати пяти;

Рисунок 6.7 – График зависимости времени от

количества построенных деталей для изогнутого волновода



Рисунок 6.8 – График зависимости загруженности памяти

от количества построенных деталей изогнутого волновода

# Заключение

В ходе выполнения лабораторных работ были изучены предметная область проектирования, предмет проектирования, аналоги предмета проектирования, API, функциональное и нагрузочное тестирование и на основании полученных данных были спроектированы UML диаграммы классов, разработан плагин для создания 3D моделей «Ящик для деталей» в САПР Inventor 2022 и проведено функциональное и нагрузочное тестирование плагина.

# Список использованных источников

1. Автоматизация вычислительных процедур в прикладных задачах инженерного проектирования [Электронный ресурс]. – URL: https://scienceforum.ru/2014/article/2014000201 (дата обращения: 10.12.2021).
2. Visual Studio [Электронный ресурс]. – URL: https://visualstudio.microsoft.com/ru/ (дата обращения: 10.12.2021).
3. Autodesk Inventor— Википедия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Autodesk\_Inventor (дата обращения 22.10.2021).
4. Разработка приложений для Inventor - Autodesk. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.autodesk.ru/autodesk-developer-network/software-platform-russian/develop-inventor (дата обращения: 10.12.2021).
5. NUnit [Электронный ресурс]. – URL: https://nunit.org/ (дата обращения: 10.12.2021).
6. Что такое Windows Presentation Foundation (WPF) [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/designers/getting-started-with-wpf?view=vs-2022 (дата обращения: 10.12.2021).
7. Компас 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kompas.ru/kompas-3d/about/ Дата обращения (27.10.2021)
8. Пресс-формы 3D express [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/press-formy-3d-express/ Дата обращения (27.10.2021)
9. UML. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uml.org/ (дата обращения 10.12.2021).
10. Функциональное тестирование [Электронный ресурс]. – URL: https://daglab.ru/funkcionalnoe-testirovanie-programmnogo-obespechenija/ (дата обращения: 10.12.2021).
11. Виртуальная память — Википедия. [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная память (дата обращения 17.04.2021)