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 «Ладья» для САПР «КОМПАС-3D» v.20

Пояснительная записка по дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОРСАПР)

Выполнил:

Студент гр.588-2

\_\_\_\_\_\_\_Махмутова Е.И.

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

Руководитель:

к.т.н., доцент

каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_Калентьев А.А.

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

**РЕФЕРАТ**

Лабораторная работа 28 с., 14 рис., 8 источников.

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

Целью данной работы является разработка плагина для автоматизации проектирования модели шахматной ладьи.

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

Пояснительная записка выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

**Содержание**

[1 Введение 4](#_Toc93431739)

[2 Описание API 5](#_Toc93431740)

[3 Обзор аналогов 11](#_Toc93431741)

[4 Описание предмета проектирования 12](#_Toc93431742)

[4.1 Выбор инструментов и средств реализации 15](#_Toc93431743)

[4.2 Назначение плагина 15](#_Toc93431744)

[5 Описание реализации 16](#_Toc93431745)

[5.1 Диаграмма классов 16](#_Toc93431746)

[6 Описание программы для пользователя 19](#_Toc93431747)

[7 Тестирование плагина 23](#_Toc93431748)

[7.1 Функциональное тестирование 23](#_Toc93431749)

[7.2 Модульное тестирование 24](#_Toc93431750)

[7.3 Нагрузочное тестирование 26](#_Toc93431751)

[Заключение 27](#_Toc93431752)

[Список использованных источников 28](#_Toc93431753)

# 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 «Ладья» 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.

# Описание API

Сегодня встречаются задачи, решение которых не реализовано в CAD-системах. Чаще всего это очень узкоспециализированные задачи, которые встречаются на каком-то конкретном предприятии или подотрасли. Для решения подобных задач есть возможность использовать КОМПАС-3D как платформу и на базе него создать свое приложение, которое позволит автоматизировать решение таких задач. Для создания таких приложений в КОМПАС-3D есть открытый API[3].

Главным интерфейсом API системы КОМПАС является KompasObject.[4] Методы этого интерфейса, реализуют наиболее общие функции работы с документами системы, системными настройками, файлами, а также дают возможность получить указатели на другие интерфейсы (интерфейсы динамического массива, работы с математическими функциями, библиотек моделей или фрагментов и различных структур параметров определенного типа).

Ниже в таблице 1.1 представлены основные свойства и методы интерфейса KompasObject.

Таблица 1.1 – Методы и свойства интерфейса KompasObject

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Название** | **Входные параметры** | **Тип возвращаемых данных** | **Описание** |
| Document3D() | – | ksDocument | Метод для получения указателя на интерфейс трехмерного графического документа (детали или сборки) |

Продолжение таблицы 1.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Название** | **Входные параметры** | **Тип возвращаемых данных** | **Описание** |
| GetParamStruct(short structType) | structType – тип интерфейса параметров | StructType2D | Метод для получения указателя на интерфейс графического документа (чертежа или фрагмента) |
| Visible | – | bool | Свойство видимости приложения |
| Quit() | – | – | Метод для закрытия активного окна приложения |

В таблице 1.2 представлены методы интерфейса ksEntity, необходимые для разработки плагина.

Таблица 1.2 – Методы интерфейса ksEntity

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название** | **Тип возвращаемых данных** | **Описание** |
| Create() | bool | Создать объект в модели |
| GetDefinition() | IUnkown | Получить указатель на интерфейс параметров объектов и элементов |
| Update() | bool | Изменить свойства объекта (используя ранее установленные свойства) |
| NewEntity (short objType) | указатель на интерфейс ksEntity или IEntity. | Реальный объект создается в модели после вызова метода [Create](mk:@MSITStore:D:\KOMPAS\SDK\SDK.chm::/ksEntity_Create.htm). |

В таблице 1.3 представлены свойства и методы интерфейса ksDocument2D, необходимые для разработки плагина.

Таблица 1.3 – Методы интерфейса ksDocument2D

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Название** | **Входные параметры** | **Тип возвращаемых данных** | **Описание** |
| ksRectangle(  ksRectangleParam param, int style) | param – параметры прямоугольника.  style – стиль линии. | int | Получить указатель на прямоугольник на двумерной плоскости либо 0 в случае ошибки |
| ksCircle(  double xc, double yc, double rad, int style) | xc, yc – координаты центра окружности.  rad – радиус окружности.  style – стиль линии. | int | Получить указатель на окружность на двумерной плоскости либо 0 в случае ошибки |

В таблице 1.4 представлены свойства и методы интерфейса ksDocument3D, необходимые для разработки плагина.

Таблица 1.4 – Методы интерфейса ksDocument3D

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Название** | **Входные параметры** | **Тип возвращаемых данных** | **Описание** |
| Create (bool invisible, bool \_typeDoc) | invisible – признак режима редактирования документа (true – невидимый режим, false –  видимый режим), typeDoc – тип документа (true – деталь, false – сборка). | bool | Создать документ-модель (деталь или сборку) |
|  |  |
| GetPart(int type) | type – тип компонента из перечисления Типы компонентов. | ksPart | Получить указатель на интерфейс компонента в соответствии с заданным типом |

В таблице 1.5 представлены методы интерфейса ksPart, необходимые для разработки плагина.

Таблица 1.5 – Свойства и методы интерфейса ksPart.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Название** | **Входные параметры** | **Тип возвращаемых данных** | **Описание** |
| EntityCollection( short objType) | objType – тип объектов, содержащихся в массиве. | ksEninty-  Collection | Формирует массив объектов и возвращает указатель на его интерфейс |
| GetDefaultEntity( short objType) | objType – тип объекта | ksEntity | Получить указатель на интерфейс объекта, создаваемого системой по умолчанию |
| GetPart(int type) | Type – тип компонента | ksPart | Получить указатель на интерфейс компонента в соответствии с заданным типом |
| NewEntity(short objType) | objType – тип объекта | ksEntity | Создать новый интерфейс объекта и получить указатель на него |

В таблице 1.6 представлены типы объектов документа-модели, необходимые для разработки плагина.

Таблица 1.6 – Некоторые типы объектов документа-модели

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Идентификатор объекта** | **Название объекта** | **Интерфейс параметров** |
| o3d\_unknown | Неизвестный (включает все объекты) |  |
| o3d\_planeXOZ | Плоскость XOZ | ksPlaneParam |
| o3d\_planeYOZ | Плоскость YOZ | ksPlaneParam |
| o3d\_planeXOY | Плоскость XOY | ksPlaneParam |
| o3d\_sketch | Эскиз | ksSketchDefinition |
| o3d\_face | Грань | ksFaceDefinition |
| o3d\_cutExtrusion | Вырезать выдавливанием | ksCutExtrusionDefinition |
| o3d\_fillet | Операция "скругление" | ksFilletDefinition |

# Обзор аналогов

По причине того, что плагинов для создания шахматных фигур в КОМПАС 3D еще нет в сети Интернет, ниже представлены аналоги самой САПР [5].

**FreeCAD** – бесплатная мультиплатформенная CAD программа для создания 3D моделей. FreeCAD может быть использована в техническом проектировании, конструировании изделий, а также в иных областях, связанных с осуществлением инженерно-технических работ. Программа хорошо подходит для создания моделей для 3D принтера, так как поддерживает STL формат. Кроме собственных FreeCAD форматов программа совместима со следующими форматами: DXF, SVG, STEP, IGES, STL, OBJ, DAE, SCAD, IV и IFC.

**T-FLEX CAD** – система автоматизированного проектирования, объединяет в себе 3D- и 2D-функционал, обладает обширным инструментарием для создания параметрических и непараметрических чертежей деталей и сборок, а также для оформления конструкторской документации. При этом она обеспечивает полную поддержку как ЕСКД, так и зарубежных стандартов.

**DraftSight Free CAD.** Приложение почти полностью повторяет функционал AutoCAD. Широкие возможности по настройке, а также полная совместимость с форматом .DWG всех версий. У приложения интуитивно понятный интерфейс (в том числе и на русском языке). Существует дистрибутив под Windows, Mac OSX, Linux Ubuntu, FedoraR, SuseR, MandrivaR.

**QCAD Community Edition.** Главное предназначение этой программы – создание сложных двухмерных архитектурных планов и машиностроительных чертежей. Данная утилита располагает коллекцией деталей, включающей более 4700 деталей для САПР. Недостатком работы является отсутствие поддержки DWG-файлов, она работает исключительно с форматов DXF. QCAD предоставляет пользователю весь необходимый функционал для изменения и построения планов. Также, в комплекте идут 35 шрифтов для САПР. Одно из главных преимуществ этой программы – низкие системные требования.

# Описание предмета проектирования

Предметом проектирования является шахматная ладья.

По желанию клиента в создаваемой ладье могут изменяться параметры, приведенные ниже:

1. A — высота фигуры (15 – 600 мм);
2. B — Диаметр нижнего основания (5 – 500 мм);
3. C — Диаметр верхнего основания (3 – 100 мм);
4. D — Высота нижнего основания (5 – 100 мм);
5. E — Высота верхнего основания (4 – 90 мм);

Плагин имеет следующие зависимости:

1. Диаметр нижнего основания (B) должно быть больше диаметра верхнего основания (C);

2. Высота нижнего основания (D) должно быть больше высоты верхнего основания (E);

3. Сумма высот двух оснований (D и E) не может быть больше общей высоты фигуры (A).

На рисунке 4.1 показан общий вид шахматной ладьи:

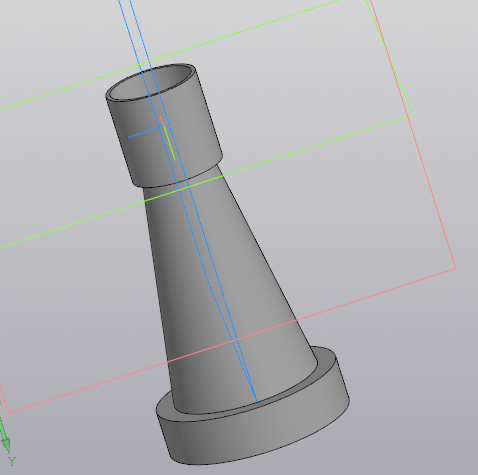


Рисунок 4.1 – Общий вид ладьи

На рисунках 4.2 – 4.4 представлены различные виды ладьи с указанными параметрами:

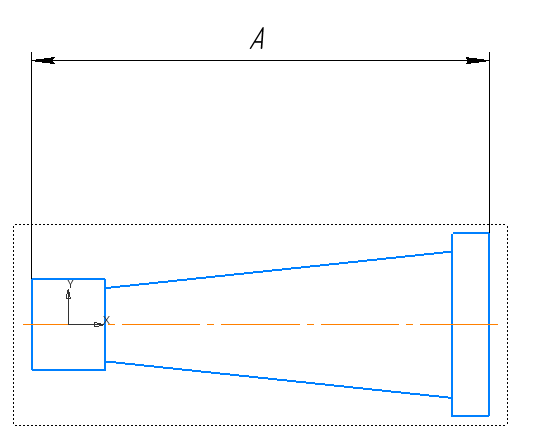


Рисунок 4.2 – Вид сбоку

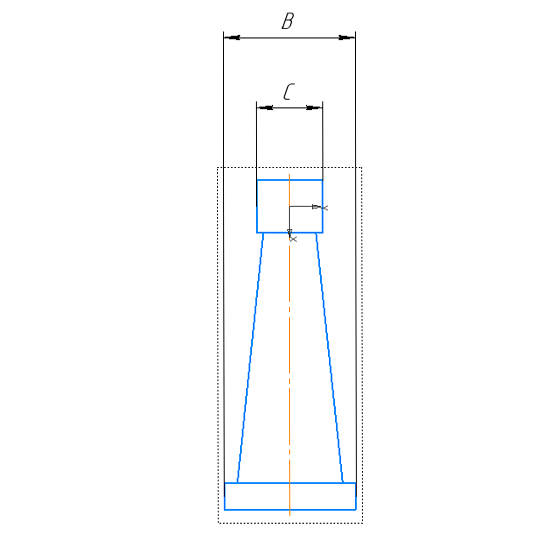


Рисунок 4.3 – Вид сбоку

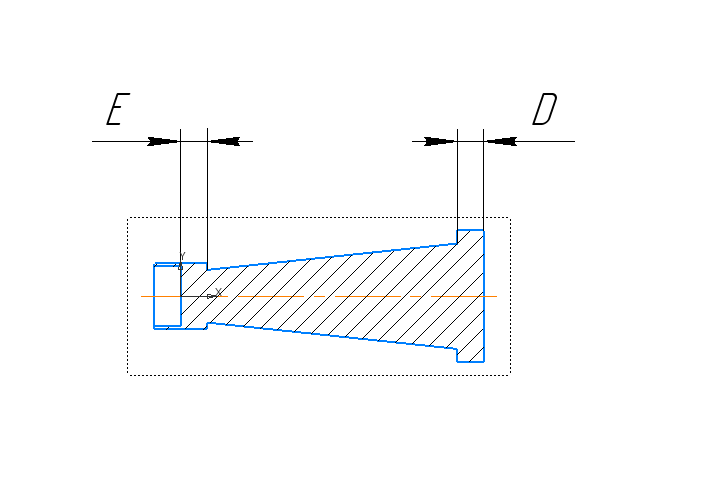


Рисунок 4.3 – Вид сбоку в разрезе

## 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 «Kompas6API5» [5] для основных операций в САПР КОМПАС-3D.

Инструментом тестирования и создания модульных тестов был выбран тестовый фреймворк NUnit [6] версии 3.13.2.

Технология разработки графического интерфейса: Windows Forms [7].

## Назначение плагина

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием шахматной ладьи. Благодаря данному расширению, проектировщики могут наглядно рассмотреть спроектированную модель, при необходимости перестроить под необходимые им параметры.

# 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.

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 5.1 представлена изначальная диаграмма классов.

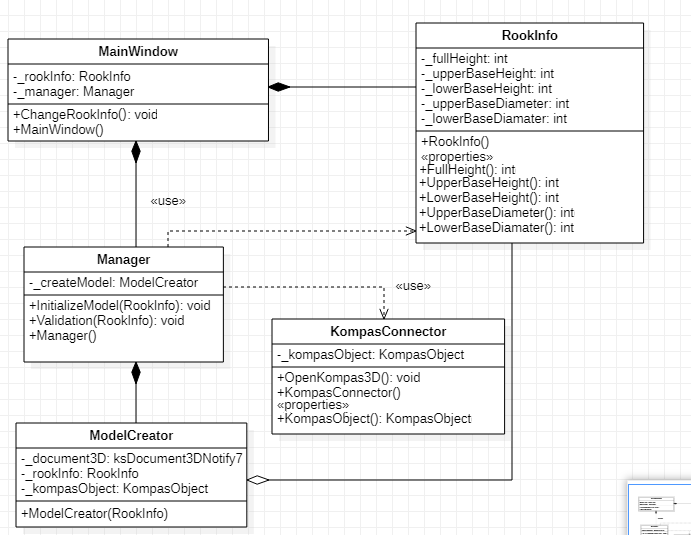


Рисунок 5.1 – Изначальная диаграмма классов

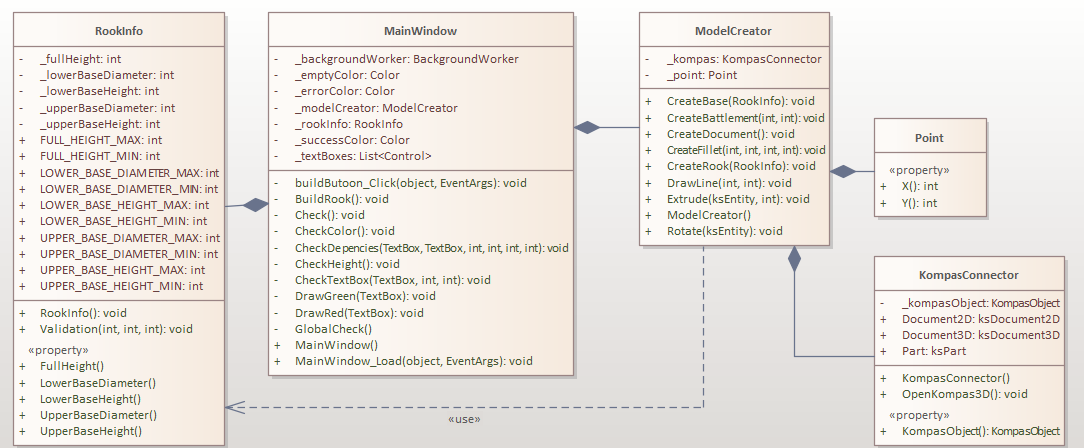


Рисунок 5.2 – Итоговая диаграмма классов

В процессе разработки была переосмыслена изначальная диаграмма классов, в результате чего:

* Решено было не реализовывать класс Manager, так как при разработке системы оказалось, что в он будет содержать только объект класса ModelCreator, что является совершенно излишним;
* В класс RookInfo были добавлены константы с диапазонами для задания параметров ладьи;
* Был добавлен вспомогательный класс Point для упрощения создания 2D-эскиза;
* В классе ModelCreator были реализованы методы, отвечающие за различные операции, которые используются при построении ладьи для того, чтоб не загромождать один метод InitializeModel() (из первоначальной схеме);
* Так же некоторые названия методов/параметров были изменены для большего соответствия настоящему назначению этих компонентов.

# Описание программы для пользователя

Пользовательский интерфейс состоит из окна, в котором вводятся данные для построения шахматной ладьи. Если все данные были введены корректно, то кнопка «Построить» будет разблокирована и пользователь может построить модель.

Так же под списком параметров расположен переключатель выбора дополнительной функциональности плагина – можно скруглить грани будущей ладьи.

На рисунке 6.1 представлен макет интерфейса программы.

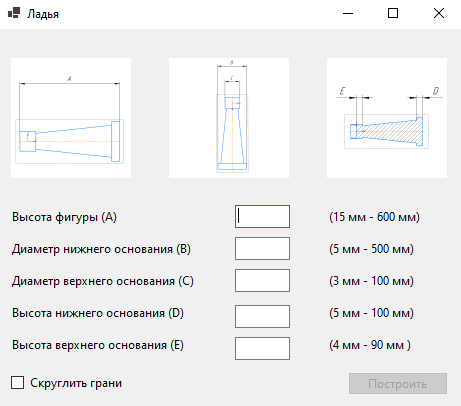


Рисунок 6.1 – Пользовательский интерфейс

Если ввести неверные параметры, то кнопка «Построить» будет заблокирована для нажатия, а поля с неправильными данными будут выделены красным цветом. Так же добавлены подсказки, которые появляются при наведении на соответствующее текстовое поле. На рисунке 6.2 представлен макет интерфейса с некорректно введенными данными.

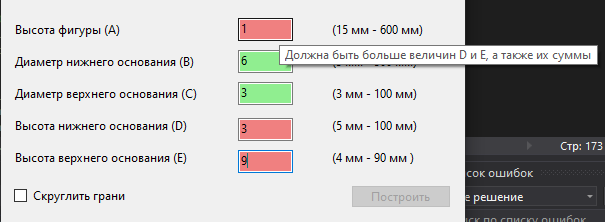


Рисунок 6.2 – Макет интерфейса с неверно введенными данными

После ввода корректных параметров кнопка «Построить» будет снова доступна и при ее нажатии будет построена модель ладьи.

Ладья, построенная по заданным параметрам по умолчанию без скругления граней представлена на рисунке 6.3

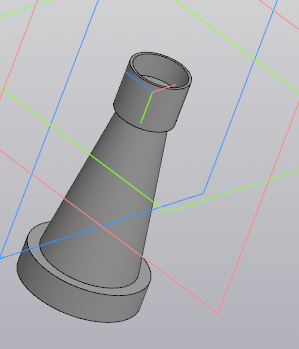


Рисунок 6.3 – Модель ладьи, построенная

по параметрам по умолчанию

Модель ладьи со скругленными гранями представлена на рисунке 6.4.

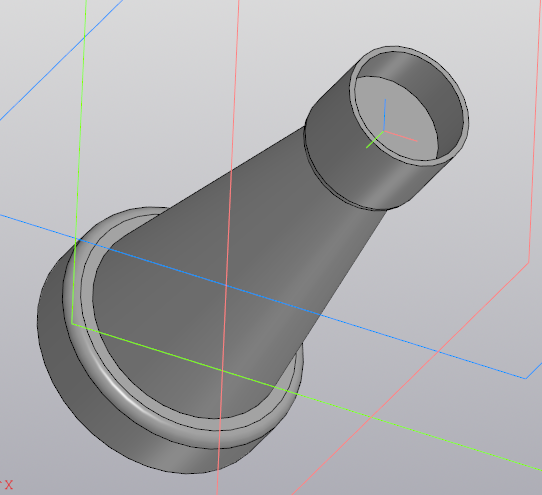


Рисунок 6.4 – Модель ладьи со скругленными гранями

# Тестирование плагина

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

## Функциональное тестирование

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

Проведено тестирование максимальных и минимальных параметров модели.

На рисунке 7.1 представлена модель с минимально введенными параметрами.

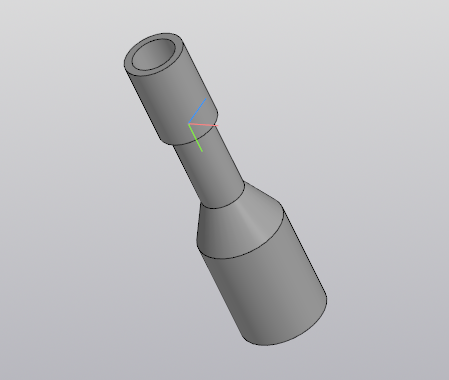


Рисунок 7.1 – Модель ладьи с минимальными введенными параметрами

На рисунке 7.2 представлена модель ладьи с максимальными введенными параметрами.

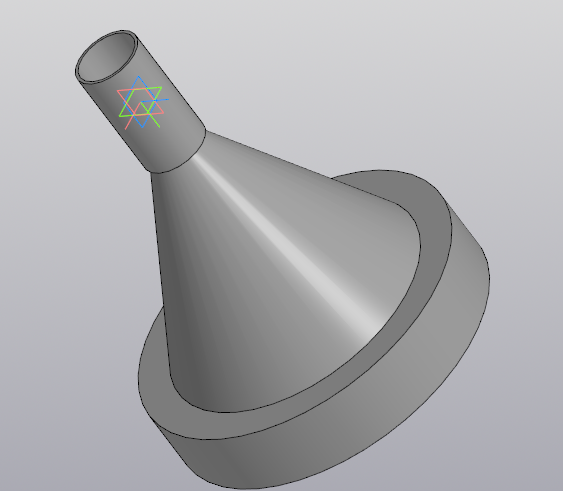


Рисунок 7.2 – Модель ладьи с максимальными параметрами

## 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: RookInfo, Point. На рисунке 7.3 представлена информация о модульном тестировании программы. Покрытие модели тестами составило сто процентов, что показано на рисунке 7.4.

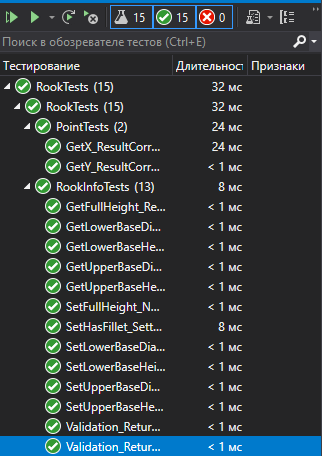


Рисунок 7.3 – Модульное тестирование плагина

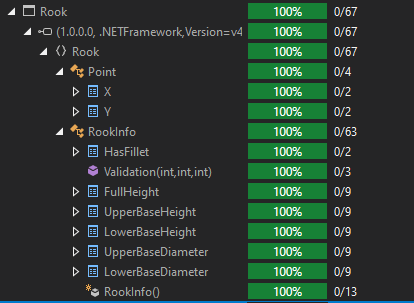


Рисунок 7.3 – Покрытие кода тестами

## Нагрузочное тестирование

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

– ЦП Intel Core i5-7200U CPU, 2.5 ГГц;

– 12 Гб ОЗУ;

– NVidia GeForce 940MX.

Для нагрузочного тестирования был задан бесконечный цикл построения детали. Для измерения времени был использован класс Stopwatch. Для измерения занимаемой памяти – GS. Тестирование заключалось в построении ладьи со стандартными параметрами. На рисунке 7.5 представлен график зависимости загруженности памяти от количества построенных деталей.

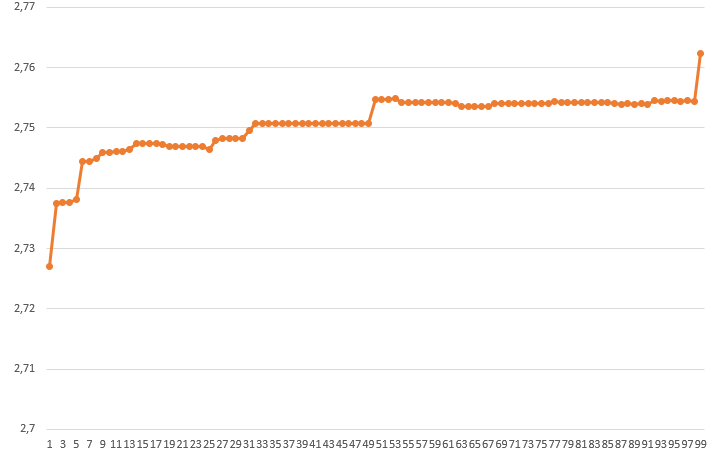
****

Рисунок 7. 5 – График зависимости загруженности памяти в Мб (по оси ординат) от количества моделей (по оси абсцисс)

На рисунке 7.6 представлен график зависимости времени построения от количества построенных деталей.



Рисунок 7. 6 – График зависимости затраченное времени в секундах (по оси ординат) от количества моделей (по оси абсцисс)

Тестирование длилось чуть больше 3 минут, за которые было построено 100 моделей ладьи. По графикам не видно резких скачков в размере занимаемой памяти или загруженного времени, скорее всего из-за того, что на момент проведения тестирования на машине не были запущены другие программы кроме Visual Studio и КОМПАС.

# Заключение

При выполнения лабораторных работ были изучены основные этапы проектирования программного продукта и его реализации, предметная область объекта проектирования, SDK «КОМПАС-3D». Было составлено техническое задание, разработан проект системы, составлены UML диаграммы классов, разработан макет пользовательского интерфейса.

В результате работы был разработан и реализован плагин для САПР «КОМПАС-3D», выполняющий построение 3D-модели ладьи по заданным параметрам.

Над реализованным плагином были проведены функциональное, модульное и нагрузочное тестирование на платформе Windows 10.

# Список использованных источников

1. Автоматизация вычислительных процедур в прикладных задачах инженерного проектирования [Электронный ресурс]. – URL: https://scienceforum.ru/2014/article/2014000201 (дата обращения: 20.12.2021).
2. Visual Studio [Электронный ресурс]. – URL: https://visualstudio.microsoft.com/ru/ (дата обращения: 20.12.2021).
3. Базовые интерфейсы API системы КОМПАС [Электронный ресурс]: PROGRAMMING-LANG.COM – режим доступа к статье: <http://programming-lang.com/ru/comp_soft/kidruk/1/j196.html>
4. КОМПАС-3D для разработчиков. [Электронный ресурс]. – URL: https://kompas.ru/solutions/developers/ (дата обращения: 20.12.2021).
5. Бесплатные аналоги Компаса (CAD - системы (САПР)) [Электронный ресурс]: FREEANALOGS.RU – режим доступа к статье: <https://freeanalogs.ru/Kompas3D> / (дата обращения: 20.12.2021)
6. NUnit [Электронный ресурс]. – URL: https://nunit.org/ (дата обращения: 20.12.2021).
7. Введение в Windows Forms [Электронный ресурс]. – URL: https://metanit.com/sharp/windowsforms/1.1.php (дата обращения: 20.12.2021).
8. Введение в UML от создателей языка. / Г. Буч, Д. Рамбо, И. Якобсон, 2-е изд. – ДМК Пресс, 2015 – 496 с.