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)

Выполнил:

студент гр. 588-2

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Власова В.С.

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

Руководитель:

к.т.н., доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Калентьев А. А.

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

**Оглавление**

[1 Введение 3](#_Toc90577119)

[2 Постановка и анализ задачи 4](#_Toc90577120)

[2.1 Описание предмета проектирования 5](#_Toc90577121)

[2.2 Выбор инструментов и средств реализации 6](#_Toc90577122)

[2.3 Назначение плагина 6](#_Toc90577123)

[3 Обзор аналогов 7](#_Toc90577124)

[4 Описание реализации 8](#_Toc90577125)

[4.1 Диаграмма классов 8](#_Toc90577126)

[5 Описание программы для пользователя 11](#_Toc90577127)

[6 Тестирование программы 13](#_Toc90577128)

[6.1 Функциональное тестирование 13](#_Toc90577129)

[6.2 Модульное тестирование 14](#_Toc90577130)

[6.3 Нагрузочное тестирование 15](#_Toc90577131)

[Заключение 18](#_Toc90577132)

[Список использованных источников 19](#_Toc90577133)

# 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 [1].

Таким образом, целью данной работы является разработка плагина, автоматизирующего построение модели «Болт с внутренней резьбой» 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.

# 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 КОМПАС 3D, построить модель «Болт с внутренней резьбой». [3] Необходимо чтобы плагин позволял задавать параметры по умолчанию, а также изменять входные параметры болта, такие как:

* длина болта;
* диаметр шляпки болта;
* диаметр внутреннего кольца;
* диаметр резьбы;
* диаметр внешнего;
* высота шляпки болта.

# 2.1 Описание предмета проектирования

Предметом проектирования является модель болта с внутренней резьбой.

Параметры болта с внутренней резьбой:

а. Длина болта 10-20 мм;

б. Диаметр шляпки болта 10-15 мм;

в. Диаметр внутреннего кольца 4-7 мм, не должно быть больше или равно диаметра внешнего кольца;

г. Диаметр резьбы 4-7 мм, не должно быть больше или равно диаметра внутреннего кольца;

д. Диаметр внешнего кольца 5-8 мм, не должно быть меньше диаметра внутреннего кольца (3);

е. Высота шляпки болта 2-4 мм.

На рисунке 2.1 представлен чертеж болта с внутренней резьбой.

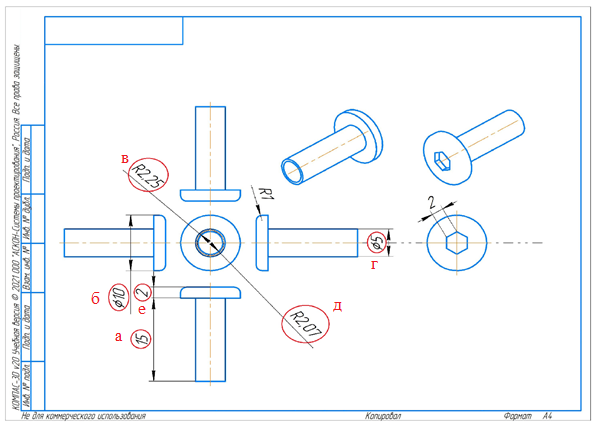


Рисунок 2.1 – Чертёж разработанной модели болта с внутренней резьбой

# 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 4.7.2 [2], библиотеки для Kompas 3D [4].

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 WinForms [6].

# 2.3 Назначение плагина

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием болтов с внутренней резьбой с разными видами пазов под отвертки. Благодаря данному расширению, проектировщики могут наглядно рассмотреть спроектированную модель, при необходимости перестроить под необходимые им параметры.

# 3 Обзор аналогов

**Плагин** **Fasteners для программы FreeCAD**

Данный плагин позволяет проще добавлять, прикреплять в программе FreeCAD различные крепежи к деталям такие как: болты, гайки, шайбы и т.п.

Панель инструментов показана на рисунке 1.1.

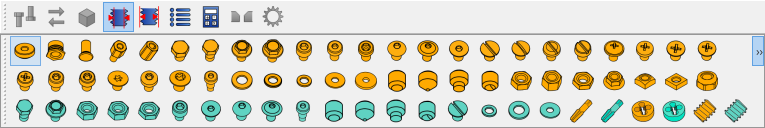


Рисунок 3.1 — панель инструментов плагина Fasteners

Команды:

*  — инвертировать объект;
*  — переместить застежку в новое место;
*  — преобразовать объект в простую непараметрическую форму;
*  — сопоставить винты по диаметру внутренней резьбы (отверстие для метчика);
*  — подобрать винты по внешнему диаметру резьбы (проходное отверстие);
*  — создать спецификацию крепежа;
* — показать калькулятор отверстия для винта;
*  — снять фаски отверстий под винты с потайной головкой;
*  — изменить параметры выбранных креплений.

Существует большое количество разных крепежей, которые указаны по ссылке [7].

# 4 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.[8]

При использовании UML были простроена диаграмма классов.

# 4.1 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.[8]

На рисунке 4.1 представлена диаграмма классов.

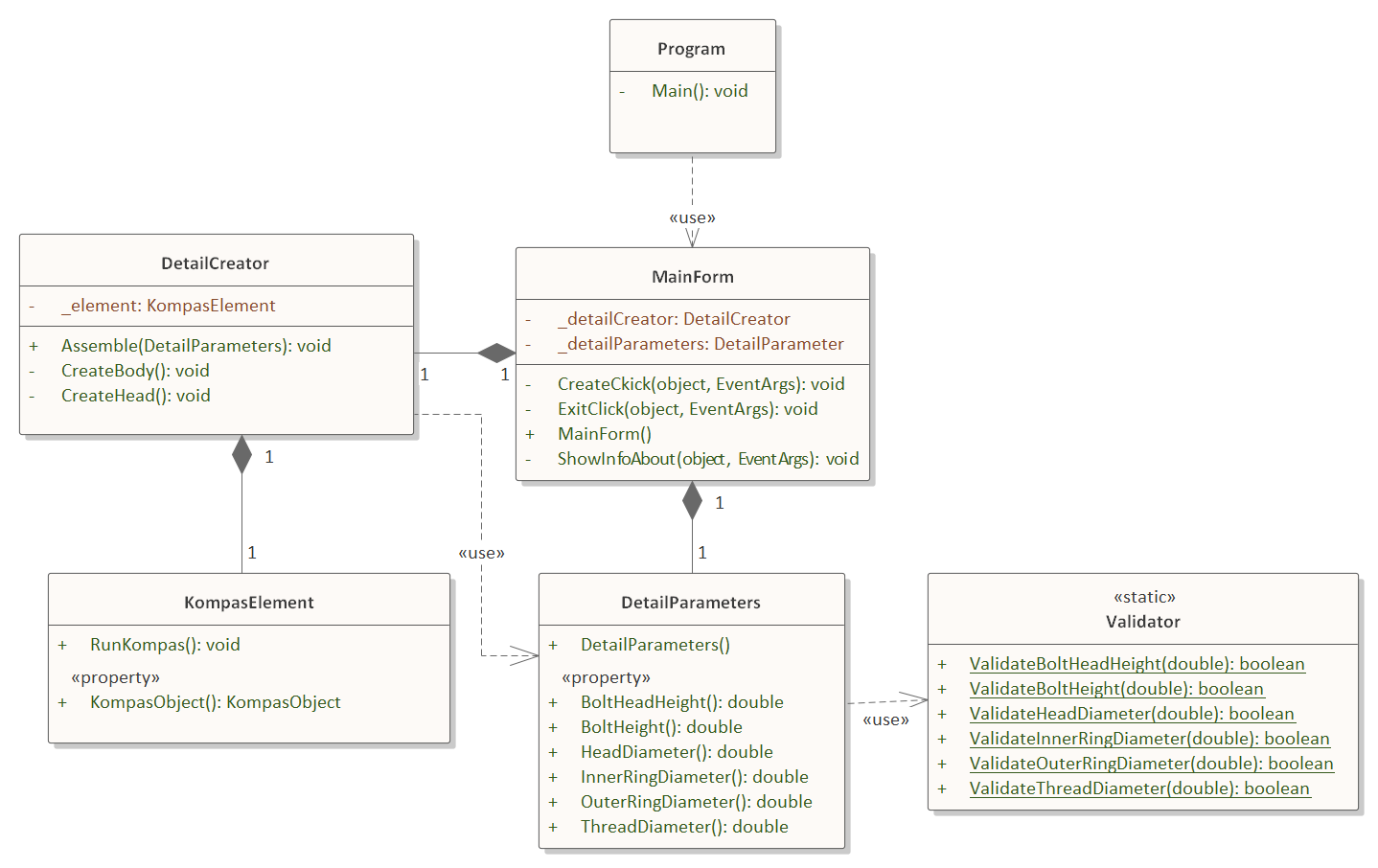


Рисунок 4.1 – Изначальная диаграмма классов

Класс «Program», использует «MainForm» для обработки действий в графическом интерфейсе «DetailCreator» содержит в себе методы создания 3D модели в «Компас 3D», класс «DeteilPapameter» введенные значения в графическом интерфейсе, класс «Validator» проверяет входные данные, введенные в графическом интерфейсе.

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

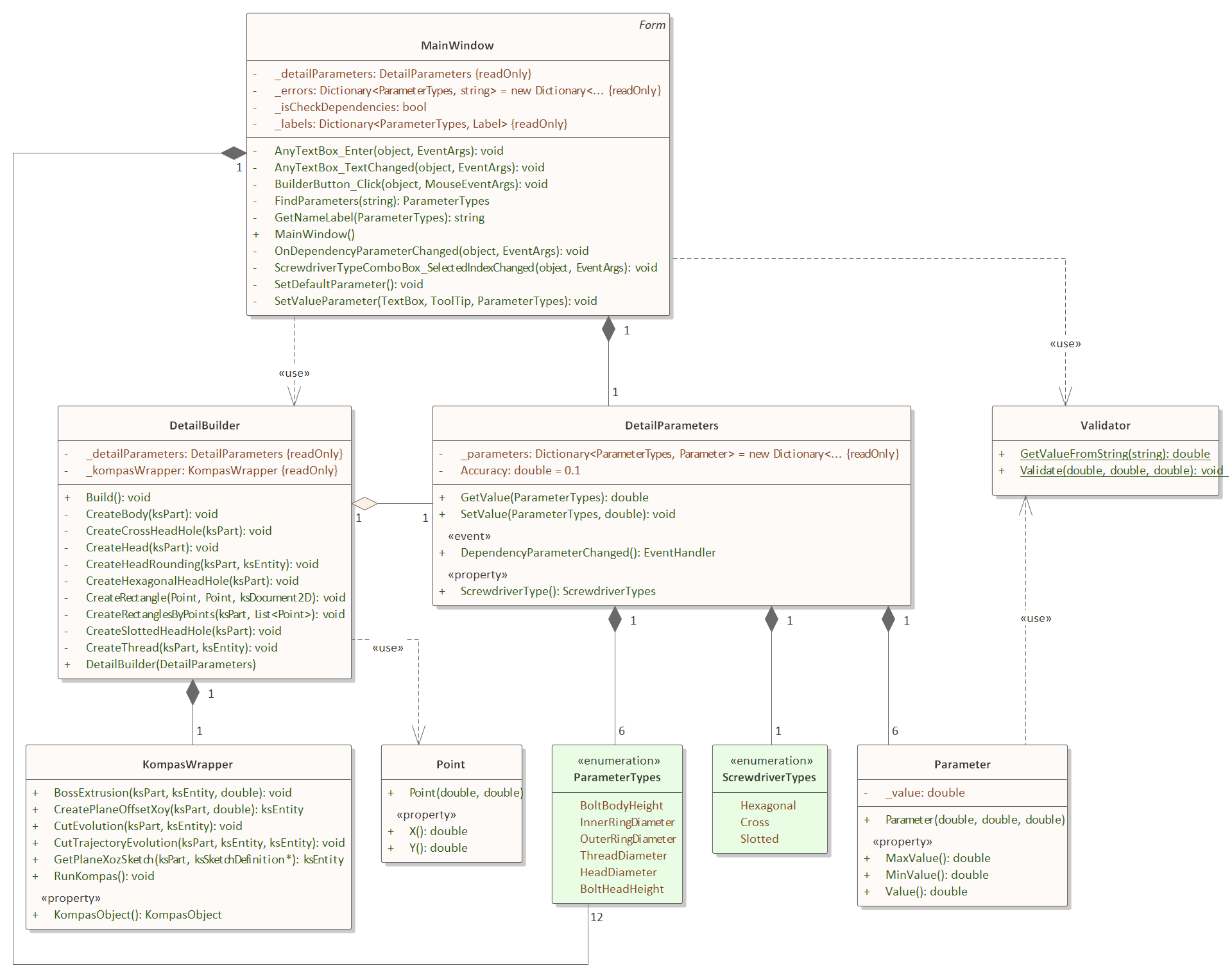


Рисунок 4.2 – Итоговая диаграмма классов

Был добавлен класс Parameter для более простого тестирования и для того, чтобы убрать дубли.

Также были добавлены два перечисления. ParameterTypes нужен для того, чтобы получить или установить значение определенного параметра. ScrewdriverTypes нужен для выбора типа отверстия под отвертку.

В класс Validator был добавлен метод для проверки строкового значения на тип double.

Был создан класс Point для хранения координат типа double. Подобный класс существует в пространстве имен System.Windows, но он не был взят, так как данное пространство имен относится к отображению пользовательского интерфейса.

Также были добавлены публичные методы в KompasWrapper для сокращения дублей при выдавливании объектов, построение плоскостей и эскизов в Компас 3D.

Были добавлены приватные методы в класс DetailBuilder для построения разных частей болта.

# 5 Описание программы для пользователя

Макет пользовательского интерфейса представляет собой форму для ввода параметров болта с внутренней резьбой. Построение модели осуществляется путем нажатия на кнопку «Построить». При попытке ввода недопустимых символов, они не будут вводиться в строку (если необходимо ввести цифры, то невозможно будет ввести другие символы).

Плагин состоит из диалогового окна, которое имеет 6 полей ввода параметров, 1 кнопку и 1 поле для выбора типа отвертки.

На рисунке 5.1 представлен пользовательский интерфейс.

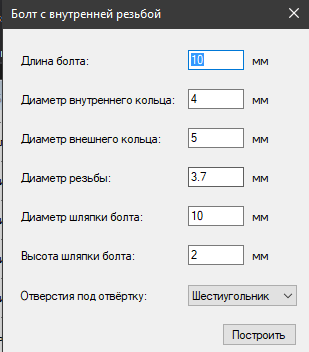


Рисунок 5.1 – Пользовательский интерфейс

Если ввести неверные параметры, после нажатия кнопки «Построить», высветится окно с просьбой ввести правильные параметры в поля ввода (рисунок 5.2).

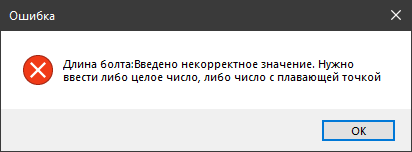


Рисунок 5.2 — Окно ошибки

После ввода необходимых параметров, построить деталь в САПР Компас 3D можно с помощью кнопки «Построить». Болт, построенный по заданным параметрам по умолчанию в САПР Компас 3D, представлен на рисунке 5.3.

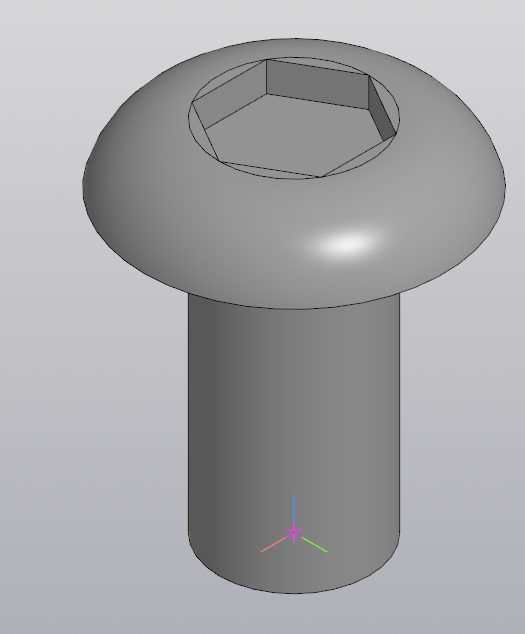


Рисунок 5.3 — Болт с внутренней резьбой, построенный по заданным параметрам по умолчанию в САПР Компас 3D

# 6 Тестирование программы

Тестирование позволяет убедиться в работоспособности программы, выявлять ошибки при изменении какой-либо функциональности.

# 6.1 Функциональное тестирование

При функциональном тестировании проверялось корректность работы плагина «Болт с внутренней резьбой», а именно, соответствие полученного результата в виде трехмерной модели, с входными параметрами. [9]

Проведено тестирование максимальных и минимальных параметров модели.

На рисунках 6.1 представлены проверки размеров модели с минимальным введенными параметрами в Kompas 3D (длина болта 10 мм; диаметр шляпки болта 10 мм; диаметр внутреннего кольца 4 мм; диаметр резьбы 3.7 мм; диаметр внешнего 4.2 мм; высота шляпки болта 2 мм).

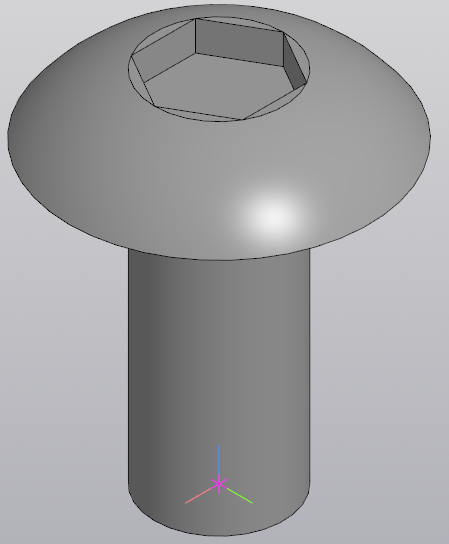


Рисунок 6.1 – Модель с минимальными введенными параметрами в Kompas 3D

Ниже на рисунках 6.2 представлены проверки размеров модели с максимальными введенными параметрами в Kompas 3D (длина болта 20 мм; диаметр шляпки болта 15 мм; диаметр внутреннего кольца 7.9 мм; диаметр резьбы 7.8 мм; диаметр внешнего 8 мм; высота шляпки болта 4 мм)

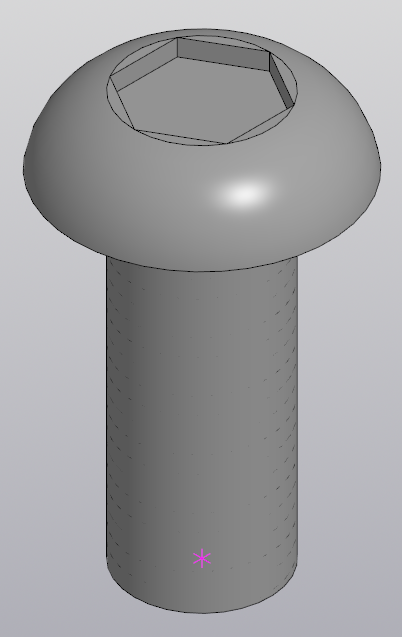
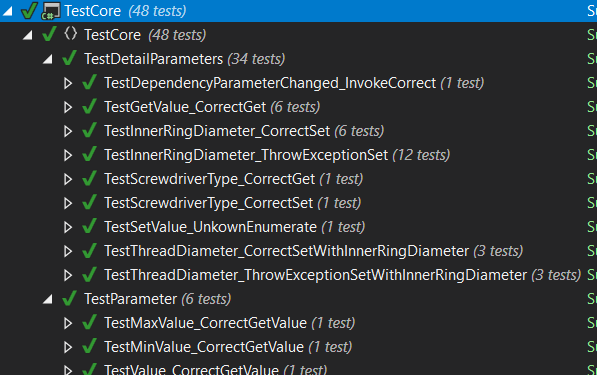


Рисунок 6.2 — Модель с максимально веденными параметрами в Kompas 3D

# 6.2 Модульное тестирование

В целях проверки корректности работы методов и свойств классов при помощи тестового фреймворка NUnit версии 3.13 проведено модульное тестирование [10], проверялись открытые поля и методы. На рисунке 6.3 представлено модульное тестирование классов проекта Core: DetailParameters, Parameter, Validator. Степень покрытия всех классов — 100%. Было написано 36 тестов.

  
Рисунок 6.3 – Тестирование классов

# 6.3 Нагрузочное тестирование

В целях проверки производительности работы плагина, было проведено нагрузочное тестирование [11]. Тестирование производилось на ПК со следующей конфигурацией:

* ЦП Intel Core i5-7200U 2.5ГГц;
* 16 ГБ ОЗУ;
* графический процессор объемом памяти 2048 МБ.

На рисунке 6.4 изображен код нагрузочного тестирования. Для проведения нагрузочного тестирования был добавлен секундомер («Stopwatch»), который засекал время от начала построения, с каждым успешным построением фигуры производилась запись результатов в текстовый файл «log.txt».

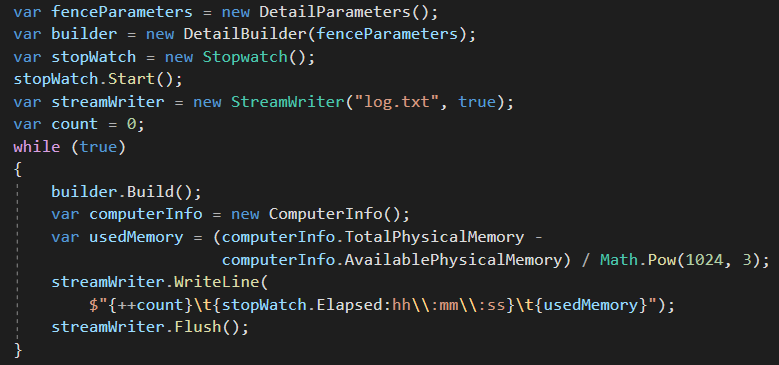


Рисунок 6.4 – Зацикливание перестроения фигуры

На графике, изображенном на рисунке 6.5 в текущей главе, ось «X» – время в секундах, ось «Y» – количество построенных деталей. На графике, изображенном на рисунке 6.6 ось «Х» - количество построенных деталей, ось «Y» - количество потребляемой оперативной памяти. На протяжении всех тестов (продолжительностью до сбоя Компас 3D) общая загруженность процессора была в пределах 22 процентов, потребление ОЗУ плагином прямолинейное от 14мб до 36мб.

На рисунке 6.5 представлено тестирование зацикленного перестроения фигуры со следующими параметрами: длина болта 10 мм; диаметр шляпки болта 10 мм; диаметр внутреннего кольца 4 мм; диаметр резьбы 3.7 мм; диаметр внешнего 5 мм; высота шляпки болта 2 мм.

Рисунок 6.5 – График зависимости времени от количества построенных деталей с параметрами по умолчанию

Рисунок 6.6 – График зависимости загруженности памяти от количества деталей

Исходя из вышеуказанных графиков на рисунках 6.5 и 6.6, построение последних деталей занимало больше времени, чем вначале. Максимальное время построения — 250 секунды. В начале построения деталей занимало от 6-и до 16-и секунд, в зависимости от количества построенных деталей. На рисунке 6.6 видно, что до запуска плагина, было занято 7800 МБ оперативной памяти системой и сторонними процессами, которые к самому плагину отношения не имеют. Также при запуске плагином процесса Компас 3D, занимаемая оперативная память увеличивалась линейно до 55 созданного элемента. Возможно, это связано с тем, что Компас 3D подключает алгоритмы оптимизации при достижении максимальной занимаемой оперативной памяти компьютера.

# Заключение

В ходе выполнения лабораторных работ были изучены предметная область проектирования, предмет проектирования, аналоги предмета проектирования, API, функциональное и нагрузочное тестирование. Также на этапе проектирования приложения была разработана UML диаграмма классов. На этапе создания приложения был разработан плагин для создания 3D моделей «Болт с внутренней резьбой» в САПР Компас 3D, 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: 16.12.2021).
2. Visual Studio [Электронный ресурс]. – URL: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/> (дата обращения: 16.12.2021).
3. КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://kompas.ru/ (дата обращения 16.10.2021).
4. КОМПАС-3D для разработчиков [Электронный ресурс]. – URL: https://kompas.ru/solutions/developers/ (дата обращения: 10.12.2021).
5. NUnit [Электронный ресурс]. – URL: <https://nunit.org/> (дата обращения: 10.12.2021).
6. Что такое WinForms [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/winforms/overview/?view=netdesktop-6.0 (дата обращения: 10.12.2021).
7. Плагин Fasteners Workbench. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wiki.freecadweb.org/Fasteners\_Workbench (дата обращения 10.12.2021).
8. UML. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uml.org/ (дата обращения 10.12.2021).
9. Функциональное тестирование [Электронный ресурс]. – URL: https://daglab.ru/funkcionalnoe-testirovanie-programmnogo-obespechenija/ (дата обращения: 10.12.2021).
10. Юнит-тестирование для чайников [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/post/169381/> (дата обращения: 10.12.2021).
11. Нагрузочное тестирование: с чего начать и куда смотреть [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/company/jugru/blog/329174/> (дата обращения: 10.12.2021).