

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ

УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

РАЗРАБОТКА ПЛАГИНА «ОТВЁРТКА» ДЛЯ «КОМПАС-3D»
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

по дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОРСАПР)

Выполнил:

студент гр. 581

_____ Мирошников А.В.

«___» _____ 2024 г.

Проверил:

к.т.н., доцент каф. КСУП

_____ Калентьев А.А.

«___» _____ 2024

Томск 2024

РЕФЕРАТ

Курсовая работа, ? страницы, ? рисунков, ? таблица, ? источников.

Ключевые слова: САПР, КОМПАС-3D, Плагин для САПР, Плагин отвёртки, C#, Windows Forms.

Объектом исследования являются технологии разработки плагинов для САПР.

Предметом исследования является применение технологий разработки плагинов, для автоматизации построения отвёрток разных размеров и параметров в САПР КОМПАС-3D.

Цель работы: создание программы для автоматизации построения отвёртки в САПР КОМПАС-3D.

Для создания использовались Microsoft Visual Studio 2022 (Windows Forms), .NET Framework 4.7.2, NUnit 3.14.0, NUnit3TestAdapter 3.17.0, StyleCop.Analyzers 1.1.118, StyleCop.Analyzers.Unstable 1.2.0.556, ReSharper, Fine Code Coverage, GitHub.

В результате работы было создано приложение Windows Forms, взаимодействующее с САПР КОМПАС-3D.

Областью применения являются предприятия связанные с моделированием отвёрток.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	4
2 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ	5
3 ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	7
4 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ И СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ	8
5 НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАГИНА	9
6 ОБЗОР АНАЛОГОВ	10
7 ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ	12
8 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ	20
9 ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА	23
9.1 Функциональное тестирование	23
9.2 Модульное тестирование	28
9.3 Нагрузочное тестирование	30
10 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	32
11 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	33

1 ВВЕДЕНИЕ

САПР – организационно-техническая система, входящая в структуру проектной организации и осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования[1].

API (Application Programming Interface) — набор правил и протоколов, с помощью которых различные программные приложения могут взаимодействовать друг с другом и обмениваться данными, повышая тем самым функциональность и эффективность работы.[2]

Для разработки плагина для САПР прежде всего необходимо выбрать объект проектирования, подходящую для выбранного объекта САПР, средства разработки плагина (язык программирования и дополнительные средства разработки, выбор может быть основан на наличии API для выбранной САПР на конкретном языке).

Плагин автоматизации построения отвёртки необходим и может быть использован на предприятиях, занимающихся моделированием отвёрток, поскольку он упростит процесс моделирования и снизит нагрузку на моделлеров.

2 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Этапы проведения работ по разработке плагина «Отвёртка» для САПР «Компас 3D» приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы проведения работ по разработке плагина «Отвёртка» для САПР «Компас 3D».

Этап	Состав работ	Наименование документа	Обозначение	Разработано согласно	Сроки выполнения
1	Создание технического задания	Техническое задание	-	ГОСТ 34.602-2020	Не позднее 8.10.2024
2	Создание проекта системы	Проект системы	-	ОС ТУСУР 01-2021	Не позднее 29.10.2024
3	Реализация плагина	Программный код	-	RSDN Magazine #1-2004	Не позднее 10.12.2024
		Документ с тремя вариантами дополнительной функциональности плагина для согласования			
		Модульные тесты			

Таблица 2.1 – Продолжение

Этап	Состав работ	Наименование документа	Обозначение	Разработано согласно	Сроки выполнения
4	1. Доработка плагина	Программный код	-	1. RSDN Magazine #1-2004	Не позднее 31.12.2024
	2. Создание пояснительной записки	Модульные тесты		2. ОС	
		Пояснительная записка		ТУСУР 01-2021	

Главной проблемой среди всех этапов оказалась связь второго и третьего этапа. Это обусловлено малыми познаниями в сфере составления проекта системы и допущении множества неточностей, в результате на этапе реализации плагина приходилось вносить некоторые изменения, которые повлекли за собой изменения конечной версии UML-диаграммы классов. Несмотря на моё описание проблемы также известно, что изменения в конечной версии диаграммы классов по сравнению с ней же на этапе проекта системы не являются редкостью. Только в реальных проектах эти изменения чаще вызваны желаниями и потребностями заказчика, чем неопытностью формирования диаграмм разработчиками.

Помимо этого, на этапе выбора предмета проектирования были слабо изучены особенности API КОМПАС-3D. Хотя это и не привело к значительным трудностям в написании кода, данный факт привёл к более высоким затратам по времени, чем планировалось изначально. Вывод один, необходимо более детально изучать выбираемые средства для разработки, во избежании казусов связанных с непредусмотрительностью разработчика.

3 ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Отвёртка – ручной слесарный и столярный монтажный инструмент, предназначенный для завинчивания и отвинчивания крепёжных изделий с резьбой.[3]

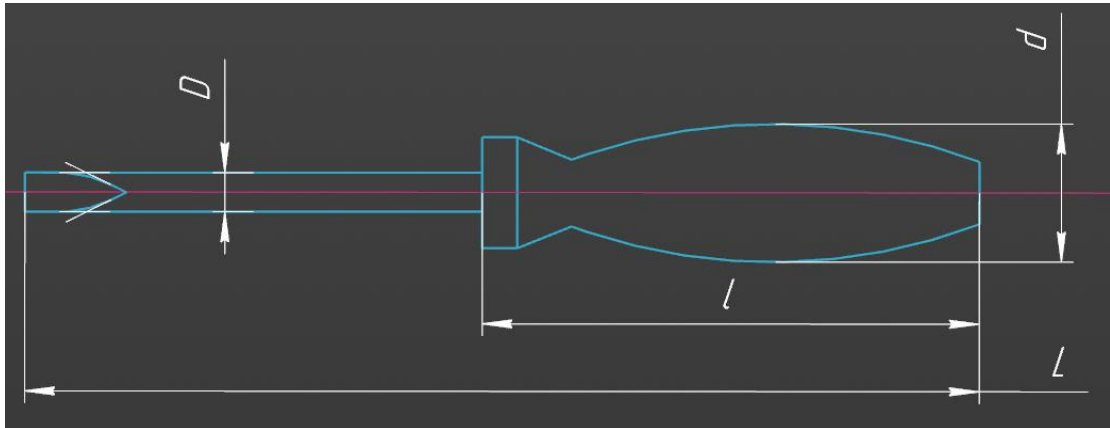


Рисунок 3.1 – Модель отвёртки

Изменяемые параметры для предмета проектирования (также все обозначения показаны на рисунке 3.1):

- Длина ручки отвёртки l (45-150мм);
- Длина наконечника отвёртки L (45-500мм, но не меньше ручки);
- Диаметр наконечника отвёртки D (2/10 (длины ручки+наконечника) \pm 2 мм);
- Диаметр ручки d (1/4 длины ручки \pm 5 мм);
- Форма ручки (шестиугольная призма/цилиндрическая);
- Форма наконечника (крестообразная/плоская).

4 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ И СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ

При создании плагина использовались следующие инструменты:

- WindowsForms и .NET Framework 4.7.2;
- GitHub;
- ReSharper;
- Fine Code Coverage;
- StyleCop.Analyzers 1.1.118;
- StyleCop.Analyzers.Unstable 1.2.0.556;
- NUnit 3.14.0;
- NUnit3TestAdapter 3.17.0.

Плагин был создан на технологии Windows Forms, поддерживающей широкий набор функций для разработки приложений, включая элементы управления, графику, привязку данных и ввод пользователя[4], а также .NET Framework 4.7.2, программной платформе основанной на сервероцентрической модели.

GitHub – платформа с возможностями хранения, распространения и совместной работы над написанием кода. Git – система управления версиями, которая интеллектуально отслеживает изменения в файлах.[5]

ReSharper – расширение для Microsoft Visual Studio, помогающее программировать эффективнее. Позволяет исследовать, улучшать, писать и обслуживать код.[6]

Fine Code Coverage – расширение для Microsoft Visual Studio, визуализирующий покрытие кода модульными тестами.[7]

StyleCop – средство для контроля кода, автоматически находящее синтаксические ошибки.[8]

NUnit – фреймворк для модульного тестирования всех языков .Net.[9]

5 НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАГИНА

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием отвёрток разных видов. Благодаря данному расширению, производители отвёрток смогут наглядно рассмотреть спроектированную модель, при необходимости перестроить под необходимые им параметры.

6 ОБЗОР АНАЛОГОВ

Первым аналогом является приложения «Разъёмные соединения» [10] для Компас-3D, позволяющее формировать и размещать в сборке набор крепёжных элементов. Данное приложение требует оплаты дополнительной лицензии в размере 46 400 руб (+20% НДС) и позволяет создавать болтовые и винтовые соединения, а также шайбы/гайки для соединения. Данный аналог является прямым для разрабатываемого плагина «Отвёртка». Интерфейс взаимодействия представлен на рисунке 6.1.

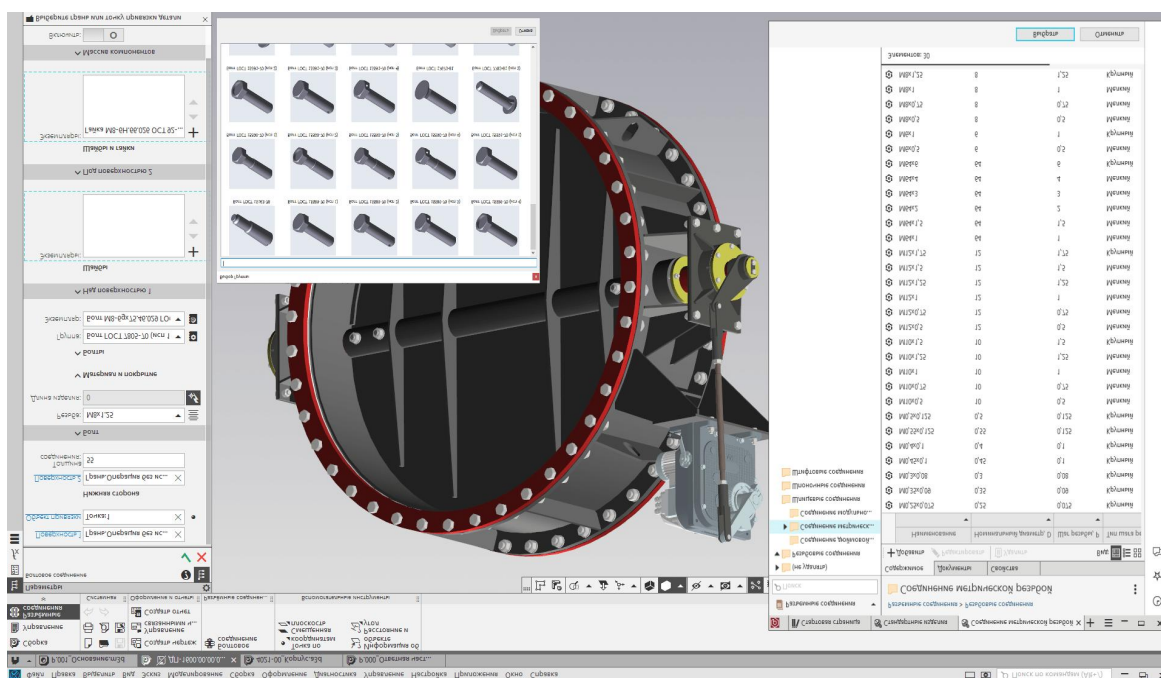


Рисунок 6.1 – Интерфейс приложения «Разъёмные соединения»

Вторым аналогом является специализированный модуль к базовому приложению Компас-3D «Валы и механические передачи 3D. Зуборезный инструмент»[11]. Модуль позволяет рассчитать и построить модели червячных фрез для нарезания:

- цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем (черновые и чистовые фрезы);
- цилиндрических передач Новикова с двумя линиями зацепления;
- звездочек к приводным роликовым и втулочным цепям;

- червячных колес цилиндрической червячной передачи (черновые и чистовые фрезы);
- шлицевых валов с эвольвентным профилем;
- шлицевых валов с прямобочным профилем.

Лицензия является платной (216 000 руб.). Данный аналог является прямым к плагину «Отвёртка». Пользовательский интерфейс представлен на рисунке 6.2.

Фреза червячная для цилиндрических зубчатых колёс с эвольвентным профилем

Параметры проектируемой фрезы

Тип фрезы: черновая. Припуск на чистовую обработку, мм: 0.3. Класс точности фрезы: C. Направление витков фрезы: правозаходная.

Модуль, мм: $m_n = 4$. Обозначение фрезы: Δ . Диаметр фрезы, мм: $d_{fo} = 90$. Длина фрезы, мм: $L = 92$. Диаметр по буртикам, мм: $d_1 = 55$. Ширина буртика, мм: $l = 3$. Число стружечных канавок: $z_o = 8$. Вид канавки: винтовая. Высота зуба, мм: $h_o = 9.626$. Радиус закругления вершин, мм: $\rho_{ao} = 1.408$. Радиус закругления впадин, мм: $\rho_{fo} = 1.2$. Падение "затылка", мм: $K_1 = 4.5$. Задний угол на боковых режущих кромках, °: $\alpha_{bo} = \arctg\left(\frac{K_1}{\pi d_{fo}}\right) \sin \alpha = 3.08^\circ > 3^\circ$. Падение "затылка", мм: $K_2 = 5.5$. Передний угол зуба, °: $\gamma = 0.00$. Угол стружечной канавки, °: $\nu = 22$. Глубина стружечной канавки, мм: $H_k = 16.6$. Радиус закругления стружечной канавки, мм: $r_k = 2$. Доля шлифованной части зуба: $k_{sh} = 0.5$.

Зубчатое колесо

Модуль, мм: $m_n = 4$. Число зубьев: $z = 30$. Исходный контур: 1 ГОСТ Р 50531-93. Степень точности: 7-C. Угол наклона зубьев, °: $\beta = 0^\circ 00' 00''$. Диаметр вершин зубьев, мм: $d_a = 128$. Делительный диаметр, мм: $d = 120$. Диаметр впадин зубьев, мм: $d_f = 110.374$. Ширина венца, мм: $b = 20$.

Параметры исходного контура

Угол спяного профиля: $\alpha = 25^\circ$. Коэффициент высоты соловки: $h_a^* = 1$. Коэффициент высоты ножки: $h_f^* = h_a^* + c^*$. Коэффициент граничной высоты: $h_1^* = 2 \cdot h_a^*$. Коэффициент радиуса кривизмы переходной кривой: $\rho_f^* = 0.352079$. Коэффициент радиального зазора: $\rho_g^* = 0.352079$.

Формулы расчета параметров фрезы

Формулы расчета параметров фрезы: $d_{fo} = 2 \cdot h_o + 2 \cdot \rho_{ao} + 2 \cdot l$, $d_1 = d_{fo} - 2 \cdot H_k$, $\alpha_{bo} = \arctg\left(\frac{K_1}{\pi d_{fo}}\right) \sin \alpha$, $\gamma = 18 \dots 35^\circ = \{18^\circ, 22^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ\}$, $H_k = h_o + \frac{K_1 + K_2}{2} + r_k$, $r_k = 0.5 \left[\frac{2\pi(d_{fo} - 2H_k)}{10z_o} \right]$, $k_{sh} = \{0.5 \dots 0.8\}$.

Фаска на буртиках

Ширина, мм: $c_1 = 0$. Угол, °: $\alpha_1 = 0$.

Скругление буртика фрезы

Радиус, мм: $r_2 = 0.00$.

Тип передачи

Цилиндрическая внешняя зацепления. Запуск расчета.

Параметры зубчатого колеса, изготавливаемого при помощи фрезы

Выбор типа передачи доступен, если расчет фрезы выполняется впервые и расчет передачи не производился или не загружался

Рисунок 6.2 – Интерфейс приложения «Валы и механические передачи 3D.

Зуборезный инструмент»

7 ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ

UML – это стандартный язык визуального моделирования, предназначенный для следующего использования:

- моделирование бизнеса и подобных процессов;
- анализ, проектирование и внедрения программных систем.

UML – это общий язык для бизнес-аналитиков, архитекторов и разработчиков программного обеспечения, используемый для описания, спецификации, проектирования и документирования существующих или новых бизнес-процессов, структуры и поведения артефактов программных систем.[12]

UML диаграмма классов после проектирования для плагина «Отвёртка» представлена на рисунке 7.1.

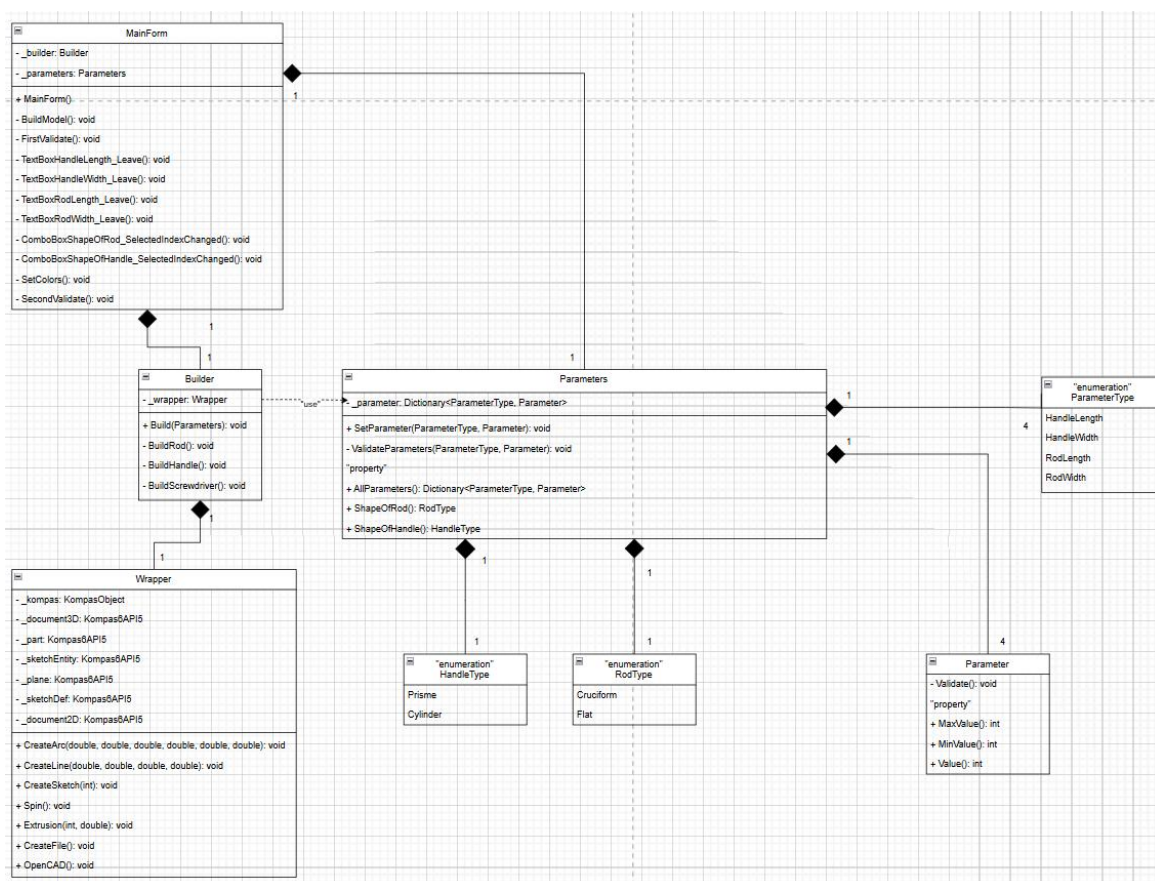


Рисунок 7.1 – UML диаграмма классов после проектирования для плагина «Отвёртка»

UML диаграмма классов после реализации плагина «Отвёртка» представлена на рисунке 7.2.

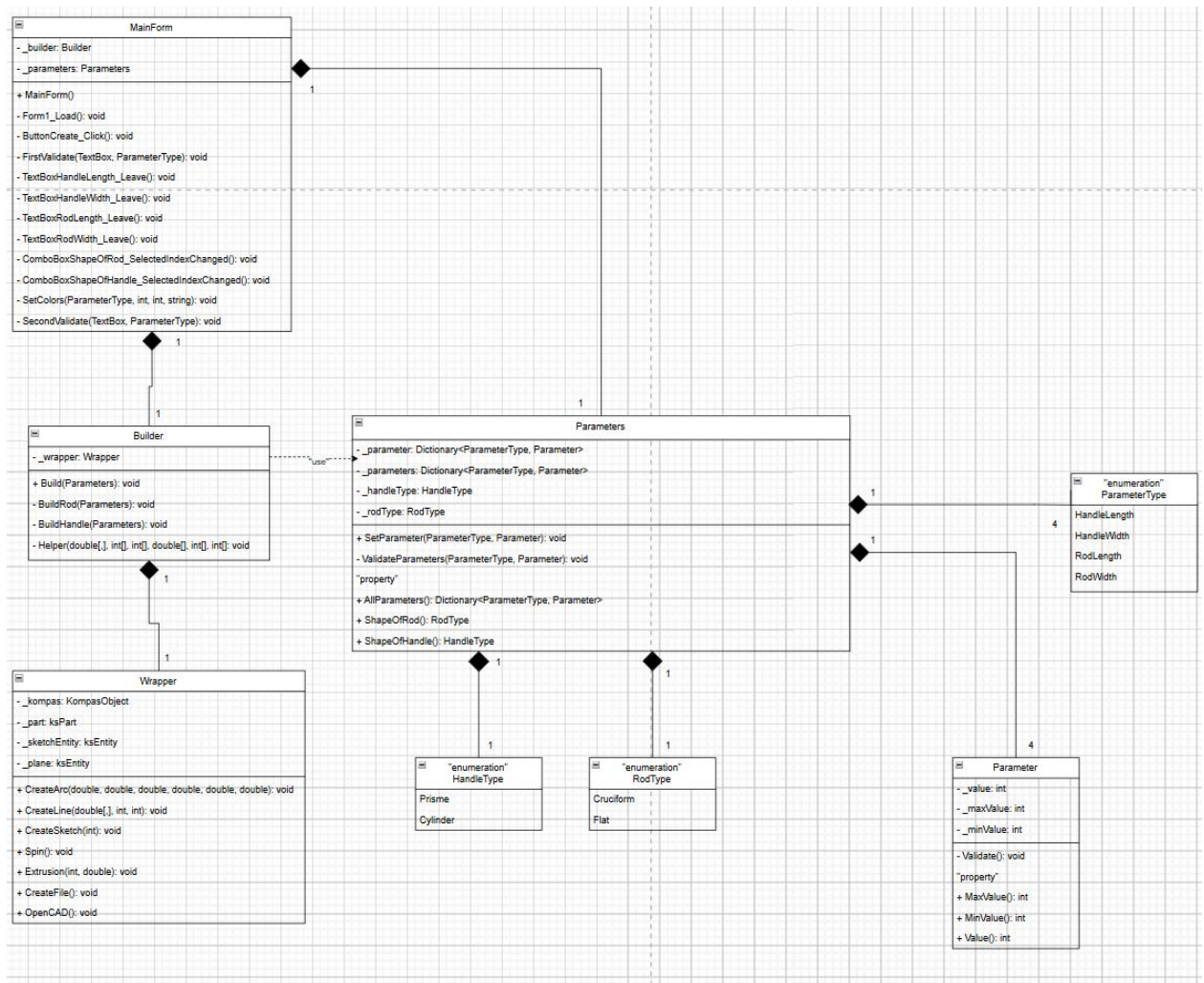


Рисунок 7.2 – UML диаграмма классов после реализации плагина «Отвёртка»

В таблицах ниже представлена информация о свойствах и методах каждого из классов.

Таблица 7.1 – Свойства класса MainForm

Название	Тип данных	Описание
<u>builder</u>	Builder	Хранит в себе объект построения
<u>parameters</u>	Parameters	Хранит в себе параметры для объекта построения

Таблица 7.2 – Методы класса MainForm

Название	Входные параметры	Описание
ButtonCreate_Click	–	Запуск построения модели по заданным параметрам
MainForm	–	Конструктор MainForm
FirstValidate	TextBox, ParameterType	Проверка введённых данных по формату
TextBoxHandleLength_Leave	–	Обработчик выхода из текстового поля длины ручки
TextBoxHandleWidth_Leave	–	Обработчик выхода из текстового поля диаметра ручки
TextBoxRodLength_Leave	–	Обработчик выхода из текстового поля длины наконечника
TextBoxRodWidth_Leave	–	Обработчик выхода из текстового поля ширины наконечника
ComboBoxShapeOfRod_SelectedIndexChanged	–	Обработчик изменения значения ComboBoxShapeOfRod
ComboBoxShapeOfHandle_SelectedIndexChanged	–	Обработчик изменения значения ComboBoxShapeOfHandle
SetColors	ParameterType, int, int, string	Устанавливает цвета для всех текстовых полей по результатам проверки, int – выбор цвета для заливки, int – выбор причины заливки, string – передаваемый текст ошибки для установки правильного tooltip
SecondValidate	TextBox, ParameterType	Вызов валидации параметров

Таблица 7.3 – Свойства класса Parameters

Название	Тип данных	Описание
_parameter	Dictionary<ParameterType, Parameter>	Хранит в себе словарь параметра
_parameters	Dictionary<ParameterType, Parameter>	Хранит в себе словарь всех параметров
_handleType	HandleType	Хранит в себе тип ручки (цилиндрическая/шестиугольная призма)
_rodType	RodType	Хранит в себе тип наконечника (плоский/крестообразный)

Таблица 7.4 – Методы класса Parameters

Название	Входные параметры	Выходные параметры	Описание
ValidateParameters	–	–	Валидирует зависимые параметры
SetParameter	ParameterType, Parameter	–	Устанавливает параметр
AllParameters	–	Dictionary<ParameterType, Parameter>	Свойство для поля _parameters
ShapeOfRod	–	RodType	Устанавливает и возвращает форму наконечника
ShapeOfHandle	–	HandleType	Устанавливает и возвращает форму ручки

Таблица 7.5 – Свойства класса Builder

Название	Тип данных	Описание
_wrapper	Wrapper	Хранит в себе объект обёртки API

Таблица 7.6 – Методы класса Builder

Название	Входные параметры	Описание
Build	Parameters	Построение модели по заданным параметрам
BuildRod	Parameters	Построение стержня отвёртки
BuildHandle	Parameters	Построение ручки отвёртки
Helper	double[,], int[], int[], double[], int[], int[]	Вспомогательный метод, позволяющий избежать от дублирования кода (повторяет цикл операций: создать эскиз, создать линию, выдавить). double[,] двумерный массив с координатами точек по которым строится линия, int[] тип выдавливания, int[] тип эскиза (на какой плоскости), double[] глубина выдавливания, int[] начало для сбора точек в двумерном массиве, int[] количество сборов точек (построенных линий)

Таблица 7.7 – Свойства класса Parameter

Название	Тип данных	Описание
_maxValue	int	Максимально допустимое значение параметра
_minValue	int	Минимально допустимое значение параметра
_value	int	Значение параметра

Таблица 7.8 – Методы класса Parameter

Название	Описание
Value	Свойство для поля _value
MaxValue	Свойство для поля _maxValue
MinValue	Свойство для поля _minValue
Validate	Сравнивает полученное значение с максимальным и минимальным возможными

Таблица 7.9 – Свойства класса Wrapper

Название	Тип данных	Описание
_kompas	KompasObject	Поле, хранящее в себе экземпляр программы Компас
_part	ksPart	Поле, хранящее в себе основную модель
_sketchEntity	ksEntity	Поле, хранящее в себе текущий эскиз
_plane	ksEntity	Поле, хранящее в себе текущий вид

Таблица 7.10 – Методы класса Wrapper

Название	Входные параметры	Выходные параметры	Описание
CreateArc	double, double, double, double, double, double	—	Создание дуги по трём точкам (double координаты x и y для каждой точки)
CreateLine	double[,], int, int	—	Создание линии по двум точкам, double[,] массив точек по которым строиться линии, int позиция с которой необходимо начать считывать строки массива, int количество строк
CreateSketch	int	—	Создание эскиза (по int выбираем базисную плоскость)
Spin	—	—	Вращение эскиза
Extrusion	int, double	—	Выдавливание эскиза (int - тип, double - глубина)
CreateFie	—	—	Создание файла
OpenCAD	—	—	Открытие Компас3D

В отличии от диаграммы классов проекта системы диаграмма классов после реализации плагина имеет следующие отличия:

– MainForm: BuildModel заменили на ButtonCreate_Click; FirstValidate, SecondValidate и SetColors получили входные параметры;

- Parameters: получил 3 дополнительных поля – `_parameters`, `_handleType`, `_rodType`; `ValidateParameters` перестал принимать входные аргументы, а `SetParameter` перестал возвращать `Dictionary<ParameterType, parameter>`;
- Builder: убрали метод `BuildScredriwer` и добавили метод `Helper`, избавляющий разработчика от циклических повторений строк в коде;
- Parameter: были переименованы поля в соответствии с RSDN, а также были созданы свойства для каждого из полей;
- Wrapper: были убраны ненужные поля `_document3D`, `_document2D`, `_sketchDef`; было добавлено необходимое поле `_plane`, а также переопределены типы у полей на `ksPart` у `_part` и `ksEntity` у `_sketchEntity` и `_plane`; `CreateLine` изменены входные параметры для избавления от повторений в коде.

Большинство из описанных изменений связаны с малым опытом подготовки проекта системы перед написанием кода и упущением деталей, кроме классов `Wrapper` и `Builder`, у которых были добавлены изменения в соответствии с объектом моделирования.

8 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

При запуске приложения открывается форма для заполнения параметров объекта (рисунок 8.1).

Параметр	Выбор	Описание
Форма ручки	Шестиугольная	Шестиугольная/Цилиндрическая
Длина ручки		45-150 мм
Диаметр ручки		Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма наконечника	Крестообразная	Крестообразная/Плоская
Длина наконечника		45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника		1/2 диаметра ручки (-2 мм)

Создать

Рисунок 8.1 – Начальная форма в момент запуска приложения

При нажатии на кнопку с незаполненными или неверно заполненными полями не будет происходить ничего, при правильном же заполнении откроется КОМПАС-3D и начнётся построение модели по заданным параметрам.

При наведении на незаполненное поле выведется подсказка по заполнению (рисунок 8.2).

Длина ручки должна находиться в диапазоне от 45 до 150 мм

Параметр	Выбор	Описание
Форма ручки	Шестиугол	Шестиугольная/Цилиндрическая
Длина ручки		45-150 мм
Диаметр ручки		Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма наконечника	Крестообразная	Крестообразная/Плоская
Длина наконечника		45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника		1/2 диаметра ручки (-2 мм)

Создать

Рисунок 8.2 – Подсказка по заполнению

При неверном заполнении поля (выходе за допустимые пределы) текстовый блок будет подсвечен красным, а текст подсказки останется неизменным (рисунок 8.3).

Параметр	Значение	Диапазон / Описание
Форма ручки	Шестиугольная	Шестиугольная/Цилиндрическая
Длина ручки	44	45-150 мм
Диаметр ручки	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма наконечника	Крестообразная	Крестообразная/Плоская
Длина наконечника	45-500 мм, больше чем длина ручки	45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника	1/2 диаметра ручки (-2 мм)	1/2 диаметра ручки (-2 мм)

Рисунок 8.3 – Длина ручки выходит за минимальные пределы (меньше 45)

При этом, некорректно заполненные (непрошедшие собственную валидацию) или незаполненные поля не будут мешать возможно корректному заполнению зависимых от них полей (рисунок 8.4).

Параметр	Значение	Диапазон / Описание
Форма ручки	Шестиугольная	Шестиугольная/Цилиндрическая
Длина ручки	44	45-150 мм
Диаметр ручки	11	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма наконечника	Крестообразная	Крестообразная/Плоская
Длина наконечника	45-500 мм, больше чем длина ручки	45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника	1/2 диаметра ручки (-2 мм)	1/2 диаметра ручки (-2 мм)

Рисунок 8.4 – Ошибка в собственной валидации длины ручки не влияет на валидацию её диаметра

Значение 11 является допустимым (т.к. $45/4 - 5$ минимальное значение для диаметра ручки равняется 7) и подсвечивается зелёным. Помимо этого

можно заметить, что при наведении на корректно заполненный текстовый поле не выводится никакая подсказка.

Помимо собственной ошибки также может быть вызвана ошибка в зависимых параметрах. Для решения каждой из таких ошибок текст подсказки меняет своё значение и выдаёт рекомендуемые к заполнению параметры для пользователя. Пользователь может изменить значение для любого из зависимых параметров для получения корректных результатов. При наличии ошибок в нескольких зависимых параметрах от одного у пользователя есть два пути решения:

1. Изменить сначала основной параметр, подходящий под хотя бы одну из валидаций, а после изменить оставшийся зависимый от него параметр.
2. Изменить оба зависимых от основного параметра.

К сожалению система не будет настолько подробно описывать вызванные ошибки, поэтому пользователю придётся самому принимать решение.

Помимо этого при появлении в текстовом поле некорректных символов (буквы, символы) – текстовый поле очищается и приобретает стандартный цвет.

9 ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА

9.1 Функциональное тестирование

Во время использования плагина, плагин обрабатывает ошибки следующим образом.

На рисунках 9.1.1 и 9.1.2 представлен результат обработок ошибок системой для зависимых параметров длина и диаметр ручки.

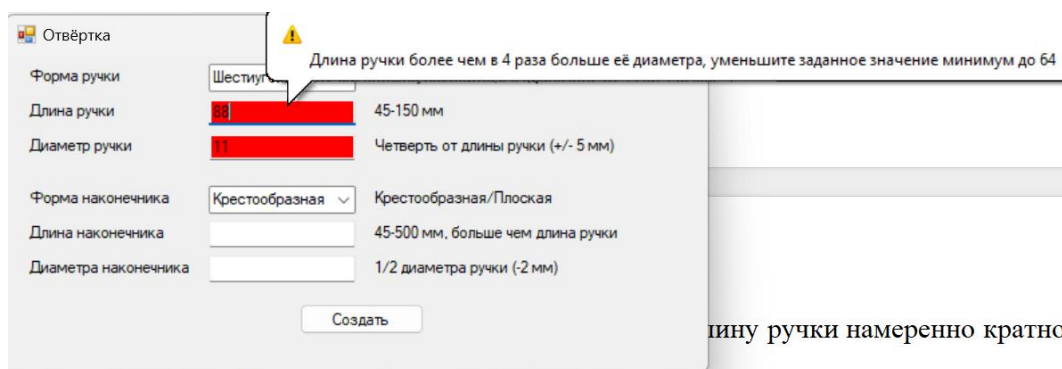


Рисунок 9.1.1 – Ошибка валидации зависимых параметров длины ручки и диаметра ручки

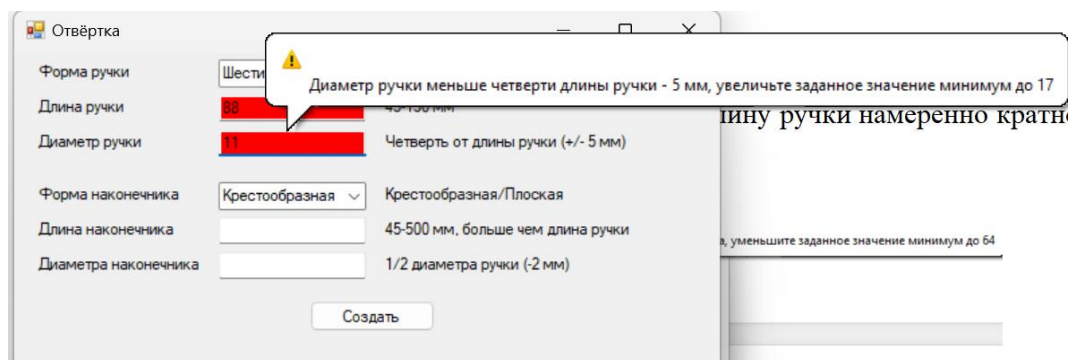


Рисунок 9.1.2 – Ошибка валидации зависимых параметров длины ручки и диаметра ручки

При ошибке в валидации зависимых параметрах оба зависимых параметра приобретают красный цвет и стандартные подсказки в них

изменяются на подсказки для получения корректных значений. Доказательства правильности выведенных подсказок представлены на рисунках 9.1.3 и 9.1.4.

The screenshot shows a window titled 'Отвёртка' (Screwdriver) with the following fields and values:

Field	Value	Hint
Форма ручки	Шестиугольная	Шестиугольная/Цилиндрическая
Длина ручки	88	45-150 мм
Диаметр ручки	17	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма наконечника	Крестообразная	Крестообразная/Плоская
Длина наконечника		45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника		1/2 диаметра ручки (-2 мм)

A 'Создать' (Create) button is located at the bottom.

Рисунок 9.1.3 – Увеличение диаметра ручки до рекомендованных 17 мм

The screenshot shows a window titled 'Отвёртка' (Screwdriver) with the following fields and values:

Field	Value	Hint
Форма ручки	Шестиугольная	Шестиугольная/Цилиндрическая
Длина ручки	64	45-150 мм
Диаметр ручки	11	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма наконечника	Крестообразная	Крестообразная/Плоская
Длина наконечника		45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника		1/2 диаметра ручки (-2 мм)

A 'Создать' (Create) button is located at the bottom.

Рисунок 9.1.4 – Уменьшение длины ручки до рекомендованных 64 мм

Ещё один вариант валидации возможен при некорректности сразу в нескольких связанных параметрах (рисунок 9.1.5)

Отвёртка

Форма ручки: Шести

Длина ручки: 88 45-150 мм

Диаметр ручки: 11 Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)

Форма наконечника: Крестообразная Крестообразная/Плоская

Длина наконечника: 51 45-500 мм, больше чем длина ручки

Диаметра наконечника: 1/2 диаметра ручки (-2 мм)

Создать

Длина ручки более чем в 4 раза больше её диаметра, уменьшите заданное значение минимум до 64
Длина ручки больше длины наконечника, уменьшите заданное значение минимум до 51

Рисунок 9.1.5 – Ошибка в валидации длины и диаметра ручки, а также длины ручки и длины наконечника

К сожалению при такой ошибке валидации пользователь должен сам принимать более подходящие ему решения. Но данный вариант не является самым нестандартным, следующий пример (рисунок 9.1.6) может сильно запутать пользователя.

Отвёртка

Форма ручки: Шестиугольная

Длина ручки: 88 45-150 мм

Диаметр ручки: 44 Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)

Форма наконечника: Крестообразная Крестообразная/Плоская

Длина наконечника: 51 45-500 мм, больше чем длина ручки

Диаметра наконечника: 1/2 диаметра ручки (-2 мм)

Создать

Длина ручки более чем в 4 раза больше её диаметра, уменьшите заданное значение минимум до 64
Длина ручки больше длины наконечника, уменьшите заданное значение минимум до 51

Рисунок 9.1.6 – Ошибка в валидации длины и диаметра ручки (длина менее чем в 4 раза больше диаметра) и длины ручки с длиной наконечника.

На рисунке 9.1.7 представлено заполнение формы минимальными параметрами.

Отвёртка

Форма ручки: Шестиугольная Шестиугольная/Цилиндрическая

Длина ручки: 45 45-150 мм

Диаметр ручки: 7 Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)

Форма наконечника: Плоская Крестообразная/Плоская

Длина наконечника: 45 45-500 мм, больше чем длина ручки

Диаметра наконечника: 3 1/2 диаметра ручки (-2 мм)

Создать

Рисунок 9.1.7 – Минимальные параметры

На рисунке 9.1.8 представлен результат построения модели с минимальными параметрами.

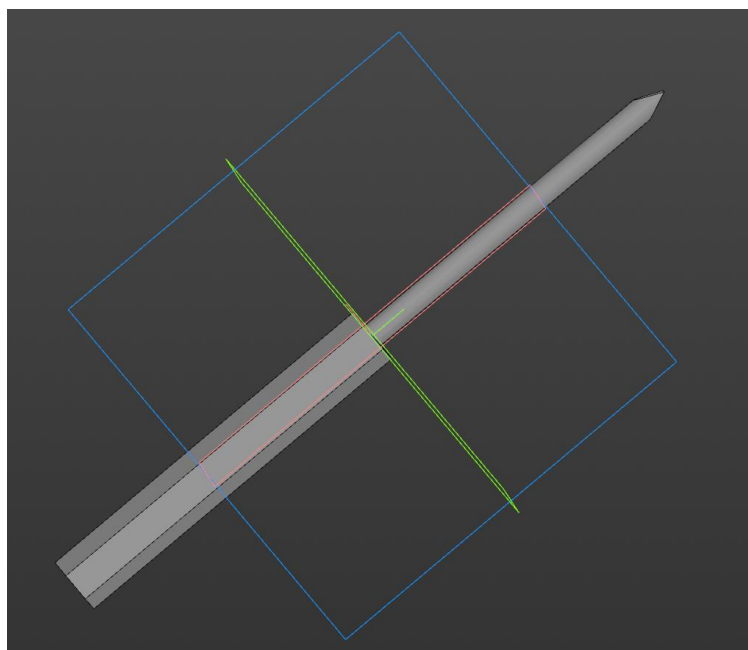


Рисунок 9.1.8 – Модель по минимальным параметрам

На рисунке 9.1.9 представлено заполнение формы максимальными параметрами.

A screenshot of a software window titled "Отвёртка" (Screwdriver). The window contains a table of parameters for configuring a screwdriver model. The parameters are: "Форма ручки" (Handle shape) set to "Цилиндрическая" (Cylindrical), "Длина ручки" (Handle length) set to 150, "Диаметр ручки" (Handle diameter) set to 42, "Форма наконечника" (Tip shape) set to "Крестообразная" (Cross-shaped), "Длина наконечника" (Tip length) set to 500, and "Диаметр наконечника" (Tip diameter) set to 20. A "Создать" (Create) button is at the bottom.

Параметр	Значение	Диапазон
Форма ручки	Цилиндрическая	Шестиугольная/Цилиндрическая
Длина ручки	150	45-150 мм
Диаметр ручки	42	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма наконечника	Крестообразная	Крестообразная/Плоская
Длина наконечника	500	45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметр наконечника	20	1/2 диаметра ручки (-2 мм)

Создать

Рисунок 9.1.9 – Максимальные параметры

На рисунке 9.1.10 представлен результат построения модели с максимальными параметрами.

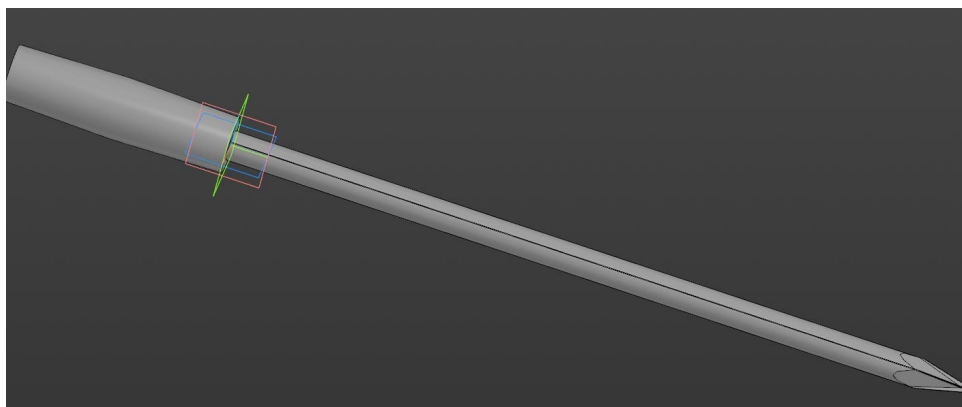


Рисунок 9.1.10 – Модель по максимальным параметрам

На рисунке 9.1.11 представлено заполнение формы стандартными параметрами.

Отвёртка		
Форма ручки	Цилиндрическая	Шестиугольная/Цилиндрическая
Длина ручки	75	45-150 мм
Диаметр ручки	20	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма наконечника	Крестообразная	Крестообразная/Плоская
Длина наконечника	250	45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника	10	1/2 диаметра ручки (-2 мм)
Создать		

Рисунок 9.1.11 – Стандартные параметры

На рисунке 9.1.12 представлен результат построения модели с стандартными параметрами.

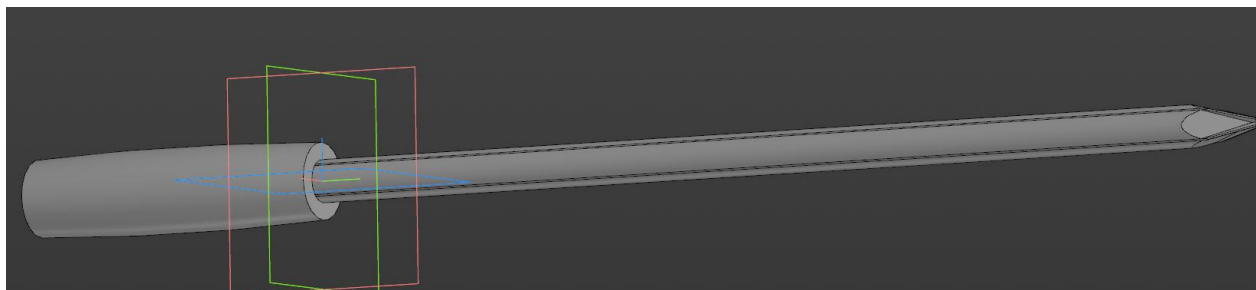


Рисунок 9.1.12 – Модель по стандартным параметрам

9.2 Модульное тестирование

На рисунке 9.2.1 представлено количество написанных Unit-тестов, а также что их выполнение происходит корректно.

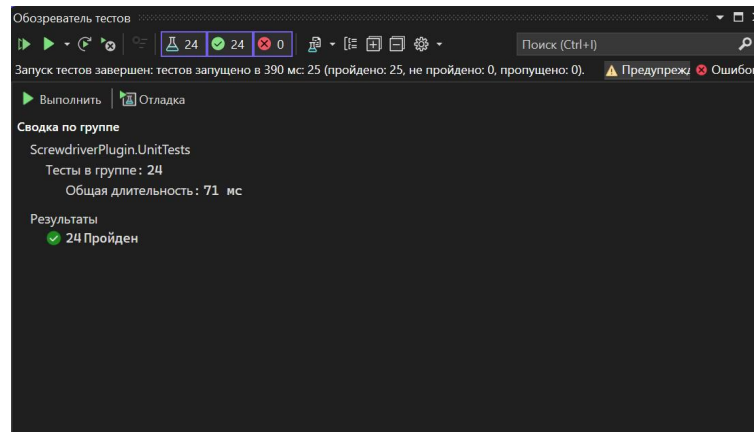


Рисунок 9.2.1 – Количество написанных Unit-тестов

Необходимо было написать тесты для 2-ух классов: Parameters и Parameter. В таблице 9.2.1 представлены все написанные тесты и их описание.

Таблица 9.2.1 – Unit-тесты

Название теста	Описание теста
Позитивный тест Геттера MaxValue	Проверяет работу get у MaxValue
Позитивный тест Сеттера MaxValue	Проверяет работу set у MaxValue
Позитивный тест Геттера MinValue	Проверяет работу get у MinValue
Позитивный тест Сеттера MinValue	Проверяет работу set у MinValue
Позитивный тест Геттера Value	Проверяет работу get у Value
Позитивный тест Сеттера Value	Проверяет работу set у Value
Негативный тест Validate	Проверяет вызов исключения при Value<MinValue
	Проверяет вызов исключения при Value>MaxValue

Продолжение таблицы 9.2.1

Название теста	Описание теста
Позитивный тест Геттера AllParameters	Проверяет работу get у AllParameters
Позитивный тест Сеттера AllParameters	Проверяет работу set у AllParameters
Позитивный тест Геттера ShapeOfHandle	Проверяет работу get у ShapeOfHandle
Позитивный тест Сеттера ShapeOfHandle	Проверяет работу set у ShapeOfHandle
Позитивный тест Геттера ShapeOfRod	Проверяет работу get у ShapeOfRod
Позитивный тест Сеттера ShapeOfRod	Проверяет работу set у ShapeOfRod
Позитивный тест метода SetParameter	Проверяет работу set для _parameter
Негативный тест ValidateParameters	Проверяет вызов исключения при длине ручке большей более чем в 4 раза диаметра ручки
	Проверяет вызов исключения при длине ручке большей менее чем в 4 раза диаметра ручки
	Проверяет вызов исключения при длине ручке большей длины наконечника
	Проверяет вызов исключения при диаметре ручки более чем в 4 раза меньшем длины ручки
	Проверяет вызов исключения при диаметре ручки менее чем в 4 раза меньшем длины ручки
	Проверяет вызов исключения при диаметре ручки менее чем в 2 раза меньшем диаметра наконечника
	Проверяет вызов исключения при диаметре ручки более чем в 2 раза меньшем диаметра наконечника
	Проверяет вызов исключения при длине наконечника меньшем длины ручки
	Проверяет вызов исключения при диаметре наконечника менее чем в 2 раза меньшем диаметра ручки
	Проверяет вызов исключения при диаметре наконечника более чем в 2 раза меньшем диаметра ручки

На рисунке 9.2.2 также представлен скриншот плагина, измеряющего процент покрытия модульными тестами

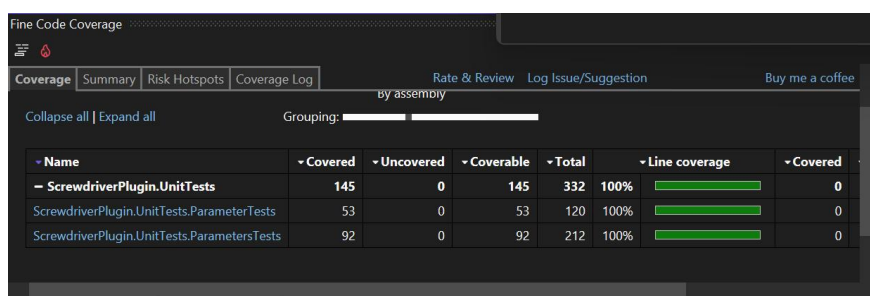


Рисунок 9.2.2 – Результаты плагина

9.3 Нагрузочное тестирование

На рисунке 9.3.1 представлен график зависимости памяти ОЗУ от построения модели, а на рисунке 9.3.2 представлен график зависимости времени от построения модели.

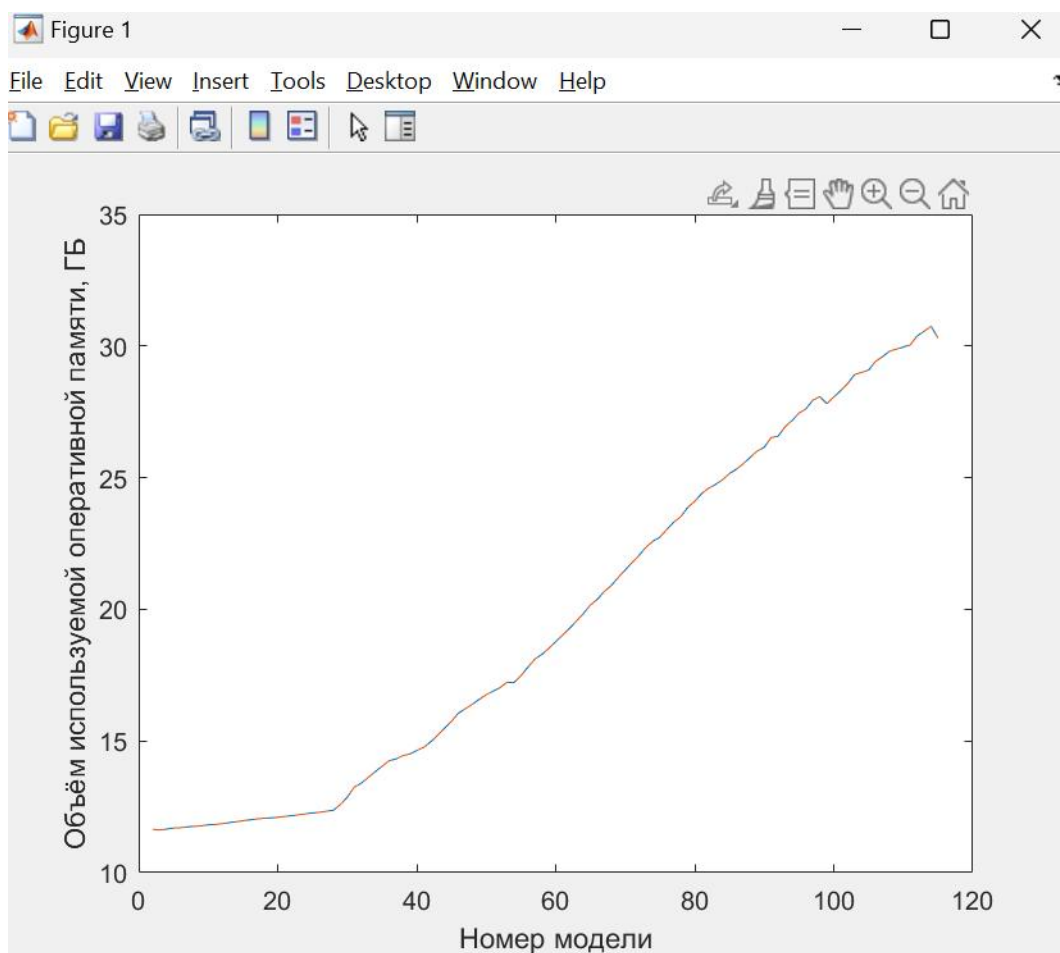


Рисунок 9.3.1 – График зависимости памяти ОЗУ от количества построенных моделей

При достижении порогового значения ~32 ГБ происходит экстренное завершение работы КОМПАС-3D и остановка работы программы. Проанализировав график можно сделать вывод, что объём оперативной памяти, затрачиваемой плагином на построение трёхмерных моделей, линейно увеличивается до достижения предела объёма оперативной памяти.

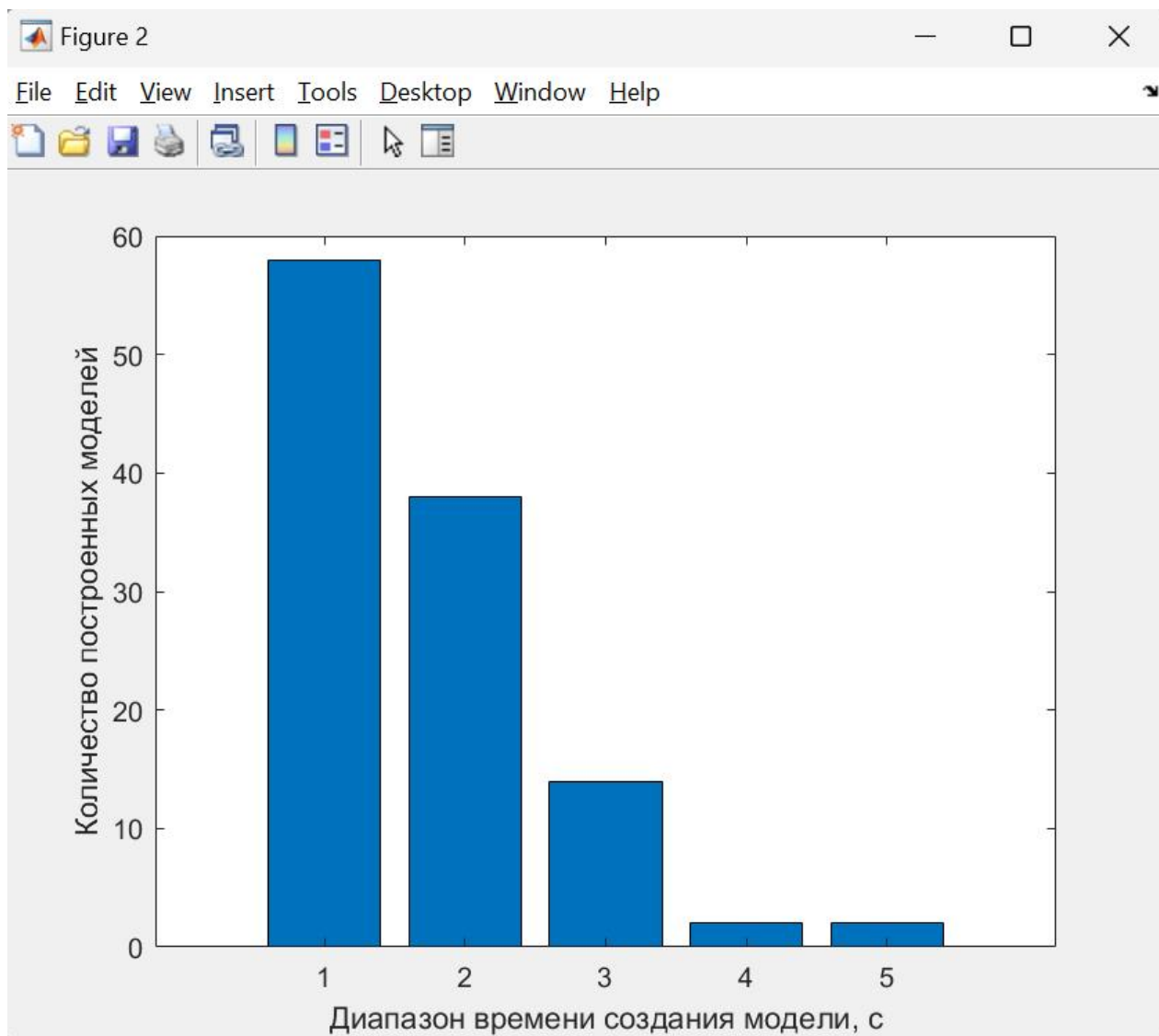


Рисунок 9.3.2 – График гистограммы построения модели

По графику можно сделать вывод, что основное время построения модели от 0 до 3 с. Скорее всего, это связано с простотой модели, из-за чего даже при значительных количествах моделей нагрузки на оперативную память и процессор недостаточно для замедления построения моделей. Оставшиеся модели лежащие в диапазоне от 4 до 5 с можно связать с загруженностью ОС другими задачами, не связанными с выполнением моделирования.

10 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения лабораторных работ был разработан плагин для КОМПАС-3D, способный самостоятельно строить отвёртку по заданным пользователем параметрам. Каждая из лабораторных работы была направлена на достижение данного результата, выбор объекта моделирования и САПР повлиял на изучение материалов связанных с ними, техническое задание позволило скорректировать курс направленности лабораторных работ, проект системы заставлял продумывать разные мелочи во избежании дальнейших серьёзных изменений в коде, ну и само написание кода, затрагивающее обращение с API, а также взаимодействие с формой пользователя. Из неожиданных результатов была изучена провальность подхода при валидации обоих параметров, что привело к изменению траектории мышления и правильному результату. Также немалое удивление произвело использование различных средств для стандартизации кода, например StyleCops. Код действительно становится более читаемым и перевариваемым для дальнейшей разработки.

11 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 23501.101-87 «Системы автоматизированного проектирования. Основные положения» (дата обращения 13.12.2024)
2. API [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://itglobal.com/ru-ru/company/glossary/api/> (дата обращения 28.09.2024)
3. ГОСТ 17199-88 «Отвёртки слесарно-монтажные» (дата обращения 20.09.2024)
4. Windows Forms [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/winforms/overview/?view=netdesktop-9.0> (дата обращения 13.12.2024)
5. Github [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.github.com/ru/get-started/start-your-journey/about-github-and-git> (13.12.2024)
6. ReSharper [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.jetbrains.com/ru-ru/resharper/> (13.12.2024)
7. Fine Code Coverage [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=FortuneNgwenya.FineCodeCoverage> (13.12.2024)
8. StyleCop [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://andrey.moveax.ru/post/net-standard-using-style-cop> (13.12.2024)
9. NUnit [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://nunit.org/> (13.12.2024)
10. Разъёмные соединения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/threaded-connection/> (дата обращения 05.10.2024)

11. Валы и механические передачи 3D. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/gear-cutting/> (дата обращения 05.10.2024)

12. UML [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.uml-diagrams.org/> (дата обращения 07.10.2024)