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)

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ

на тему «Разработка плагина «Постройка меча »

для САПР «Компас-3D»

по дисциплине «Основы разработки САПР»

Выполнил:

студент гр. 589-1

\_\_\_\_\_\_\_Сотник Д.А.

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г.

Руководитель:

к.т.н, доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_ А.А. Калентьев

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г.

Томск 2022

**Содержание**

[1 Описание САПР 3](#_heading=h.gjdgxs)

[1.1 Описание программы 3](#_heading=h.30j0zll)

[1.2 Описание API 4](#_heading=h.1fob9te)

[1.3 Обзор аналогов 9](#_heading=h.3znysh7)

[2 Описание предмета проектирования 11](#_heading=h.tyjcwt)

[3 Проект программы 13](#_heading=h.3dy6vkm)

[3.1 Диаграмма классов 13](#_heading=h.1t3h5sf)

[3.2 Макет пользовательского интерфейса 14](#_heading=h.4d34og8)

[Список использованных источников 16](#_heading=h.17dp8vu)

**1 Описание САПР**

**1.1 Описание программы**

КОМПАС-3D — система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий, благодаря сочетанию простоты освоения и легкости работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования. Ключевой особенностью продукта является использование собственного математического ядра C3D и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН. КОМПАС-3D обеспечивает поддержку наиболее распространенных форматов 3D-моделей (STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF), что позволяет организовывать эффективный обмен данными со смежными организациями и заказчиками, использующими любые CAD / CAM / CAE-системы в работе [1].

Система «Компас-3D» предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей (в том числе, деталей, формируемых из листового материала путем его гибки) и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе спроектированного ранее прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Система «Компас-3D» включает следующие компоненты: система трехмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования «Компас-График» и модуль формирования спецификаций. Ключевой особенностью «Компас-3D» является использование собственного математического ядра и параметрических технологий [2].

**1.2 Описание API**

Сегодня встречаются задачи, решение которых не реализованы в CAD-системах. Чаще всего это очень узкоспециализированные задачи, которые встречаются на каком-то конкретном предприятии или подотрасли. Для решения подобных задач можно 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.

API — это вспомогательный интерфейс разработчика программного обеспечения, позволяющий быстро создавать программы и компоненты к ним благодаря использованию готового набора функций, методов и процедур, представленных в максимально понятной и удобной для программиста форме [3].

Физически API-функции представляются в виде отдельного программного модуля, который динамически подключается извне к основному проекту в формате DLL-библиотеки.

В КОМПАС на данный момент существуют API двух версий: API 5 и API 7. Обе версии реализуют различные функции системы и взаимно дополняют друг друга. В основном, для создания полноценных подключаемых модулей достаточно методов и свойств интерфейсов API 5 [4].

В таблице 1.1 представлены интерфейсы, которые будут использованы при разработке библиотеки.

Таблица 1.1 – Интерфейсы, используемые при разработке

|  |  |
| --- | --- |
| Название интерфейса | Описание интерфейса |
| KompasObject | Интерфейс API КОМПАС |
| ksEntity | Интерфейс элемента модели (оси, плоскости, формообразующего элемента) |
| ksDocument2D | Интерфейс графического документа системы КОМПАС |
| ksSketchDefinition | Интерфейс параметров эскиза |

Продолжение таблицы 1.1 – Интерфейсы, используемые при разработке

|  |  |
| --- | --- |
| Название интерфейса | Описание интерфейса |
| ksDocument3D | Интерфейс документа-модели |
| ksPart | Интерфейс детали или подсборки в составе сборки |
| ksBaseExtrusionDefinition | Интерфейс параметров основания - элемента выдавливания |
| ksCircularPartArrayDefinition | Интерфейс операции копирования по окружности |

В ниже описанных таблицах представлены методы, которые будут использоваться при разработке плагина, а также описание входных параметров данных методов (таблицы 1.2 – 1.15).

Таблица 1.2 – Используемые методы интерфейса KompasObject

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| Document3D() | ksDocument | Метод для получения указателя на интерфейс трехмерного графического документа (детали или сборки) |
| ActivateControllerAPI() | bool | Метод для активации API КОМПАС-3D |
| Visible() | bool | Свойство видимости приложения |

Таблица 1.3 – Используемые методы интерфейса ksEntity

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| Create() | bool | Создать объект в модели |
| GetDefinition() | IUnkown | Получить указатель на интерфейс параметров объектов и элементов |

Таблица 1.4 – Используемые методы интерфейса ksDocument2D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемое значение | Описание |
| ksCircle (double xc, double yc, double rad, long style) | Указатель на окружность – в случае удачного завершения, 0 – в случае неудачи | Создать окружность |

Таблица 1.5 – Описание входных параметров, используемых методов интерфейса ksDocument2D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание входного параметра |
| ksCircle (double xc, double yc, double rad, long style) | xc, yc | Координаты центра окружности |
| rad | Радиус окружности |
| style | Стиль линии |

Таблица 1.6 – Используемые методы интерфейса ksSketchDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| BeginEdit() | bool | Войти в режим редактирования эскиза (ksDocument2D) |
| EndEdit() | bool | Выйти из режима редактирования эскиза |

Таблица 1.7 – Используемые методы интерфейса ksDocument3D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| Create (bool invisible, bool typeDoc) | bool | Создать документ-модель (деталь или сборку) |
| GetPart (int type) | ksPart | Получить указатель на интерфейс компонента в соответствии с заданным типом |

Таблица 1.8 – Описание входных параметров, используемых методов интерфейса ksDocument3D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание входного параметра |
| Create (bool invisible, bool typeDoc) | invisible | Признак режима редактирования документа (TRUE – невидимый режим, FALSE – видимый режим) |
| typeDoc | Тип документа (TRUE – деталь, FALSE – сборка) |
| GetPart (int type) | type | Тип компонента из перечисления: pInPlace\_Part – компонент, редактируемый на месте; pNew\_Part – новый компонент; pEdit\_Part –редактируемый компонент; pTop\_Part – главный компонент, в составе которого находится новый или редактируемый или указанный компонент (например, сборка, в составе которой находится редактируемая деталь) |

Таблица 1.9 – Используемые методы интерфейса ksPart

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| GetDefaultEntity (short objType) | ksEntity | Получить указатель на интерфейс объекта, создаваемого системой по умолчанию |
| NewEntity (short objType) | ksEntity | Создать новый интерфейс объекта и получить указатель на него |

Таблица 1.10 – Описание входных параметров, используемых методов интерфейса ksPart

|  |  |
| --- | --- |
| Входной параметр | Описание параметра |
| objType | Тип объекта |

Таблица 1.11 – Используемые типы объектов в методах интерфейса ksPart

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Тип объекта | Название объекта |
| GetDefaultEntity (short objType) | o3d\_planeXOY | Плоскость XOY |
| o3d\_axisOZ | Ось OZ |
| NewEntity (short objType) | o3d\_sketch | Эскиз |

Продолжение таблицы 1.11 – Используемые типы объектов в методах интерфейса ksPart

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Тип объекта | Название объекта |
| NewEntity (short objType) | o3d\_baseExtrusion | Базовая операция выдавливания |
| o3d\_cutExtrusion | Вырезать выдавливанием |
| o3d\_circularCopy | Операция копирования по концентрической сетке |

Таблица 1.12 – Используемые методы интерфейса ksBaseExtrusionDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| SetSideParam (bool forward, short type, double depth, double draftValue, bool draftOutward) | bool | Установить параметры выдавливания в одном направлении |
| SetSketch (LPDISPATCH sketch) | bool | Задать указатель на интерфейс эскиза элемента |

Таблица 1.13 – Описание входных параметров, используемых методов интерфейса ksBaseExtrusionDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание входного параметра |
| SetSideParam (bool forward, short type, double depth, double draftValue, bool draftOutward) | forward | Направление выдавливания: TRUE - прямое направление, FALSE - обратное направление |
| type | Тип выдавливания |
| depth | Глубина выдавливания |

Продолжение таблицы 1.13 – Описание входных параметров, используемых методов интерфейса ksBaseExtrusionDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание входного параметра |
| SetSideParam (bool forward, short type, double depth, double draftValue, bool draftOutward) | draftValue | Угол уклона |
| draftOutward | Направление уклона: FALSE – уклон наружу, TRUE – уклон внутрь |
| SetSketch (LPDISPATCH sketch) | sketch | Указатель на интерфейс эскиза ksEntity |

Таблица 1.14 – Используемые методы интерфейса ksCircularPartArrayDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| SetCopyParamAlongDir (long count, double step, bool factor, bool dir) | bool | Установить параметры копирования |
| SetAxis (LPDISPATCH axis) | bool | Установить указатель на ось копирования |

Таблица 1.15 – Описание входных параметров, используемых методов интерфейса ksCircularPartArrayDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание входного параметра |
| SetCopyParamAlongDir (long count, double step, bool factor, bool dir) | count | Количество копий |
| step | Шаг |
| factor | Признак полного шага |
| dir | Направление |
| SetAxis (LPDISPATCH axis) | axis | Указатель на интерфейс оси ksEntity |

**1.3 Обзор аналогов**

3DPiping – подключаемый модуль для Autodesk AutoCAD, который был разработан инженерами-трубопроводчиками для своих коллег. Данный подключаемый модуль содержит библиотеку САПР из более чем 3900 3D-блоков трубопроводов для моделирования даже сложных трубопроводных систем в 3D. Эта версия плагина основана на стандартах ASME (American Society of Mechanical Engineers). Это означает, что все 3D блоки в данном плагине были разработаны в соответствии со стандартами ASME.

Библиотека 3DPiping содержит большое разнообразие различных труб, сварных и резьбовых фитингов, фланцов, прокладок, наборов болтов, крепежных элементов, клапанов с фланцами и резьбой, опор для труб, стальных профилей и других типов компонентов трубопроводов, что позволяет легко и с уверенностью создавать профессиональные чертежи трубопроводных систем.

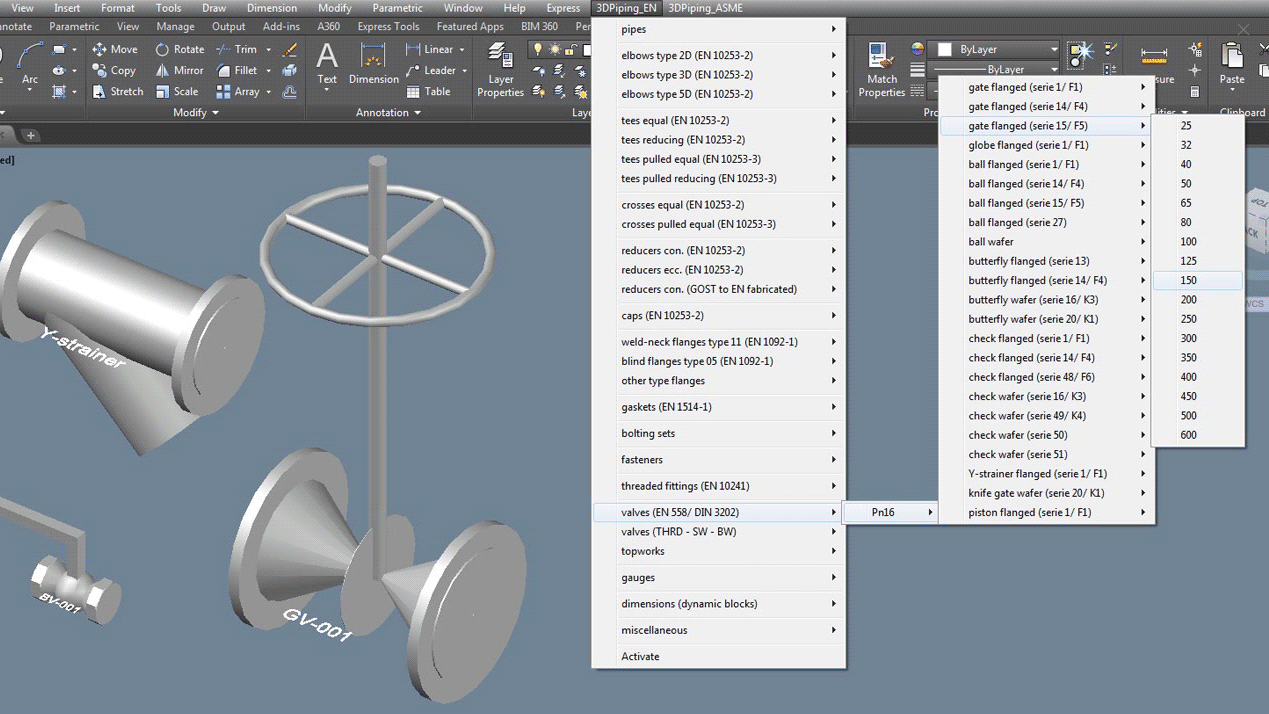


Рисунок 1.1 – Интерфейс программы 3DPiping

В SOLIDWORKS 2022 можно создать гибридное твердое тело или тело поверхности, которое включает геометрию сетки BREP и стандартную геометрию SOLIDWORKS BREP.

Во многих случаях гибридное моделирование может помочь избежать преобразования стандартного тела BREP в сетку BREP, которая часто использовалась для сравнения стандартного тела BREP с телом сетки BREP. В гибридном моделировании можно добавить стандартную геометрию BREP непосредственно в тело сетки BREP.

В прошлых версиях факт объединения сетки BREP и стандартные геометрии SOLIDWORKS BREP в одном теле отсутствовал.

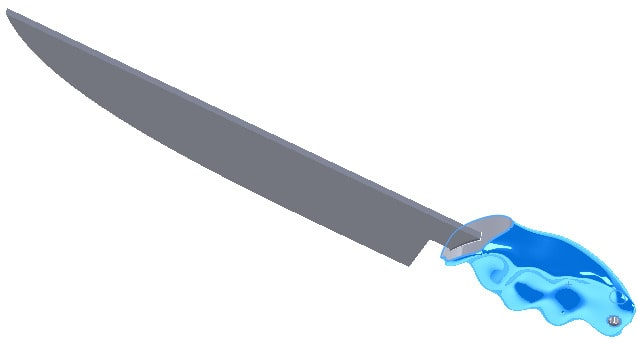


Рисунок 1.2 - Пример готовой модели

**2 Описание предмета проектирования**

Программа предназначена для автоматизации моделирования детали «Меч»

Плагин позволяет пользователю ввести вышеперечисленные значения через графический интерфейс. В программе предусмотрена проверка корректности введенных данных и сообщение пользователю о неправильно заполненных полях с помощью цветового выделения и всплывающих подсказок.

При запуске моделирования с некорректными значениями программа выводит сообщение об ошибке и отменяет построение модели.

При правильно введенных значениях результатом работы программы будет созданная по ним модель меча.

Измеряемые параметры для плагина:

W – Ширина гарды (200 — 300 мм)

D – Длинна меча (1000 — 1500 мм)

H – Толщина лезвия (5 – 15 мм)

d1 – Длинна рукоятки вместе с гардой (175 — 250 мм)

d2 – Длинна лезвия (700 — 1000 мм)

w1 – Диаметр рукоятки (10 — 30 мм)

Длинна рукоятки вместе с гардой (d1) не можешь быть меньше 1/4 от длины лезвия (d2)

Толщина лезвия(H) не может быть больше половины диаметра рукоятки (w1)

На рисунке 2.1 представлен чертеж меча.

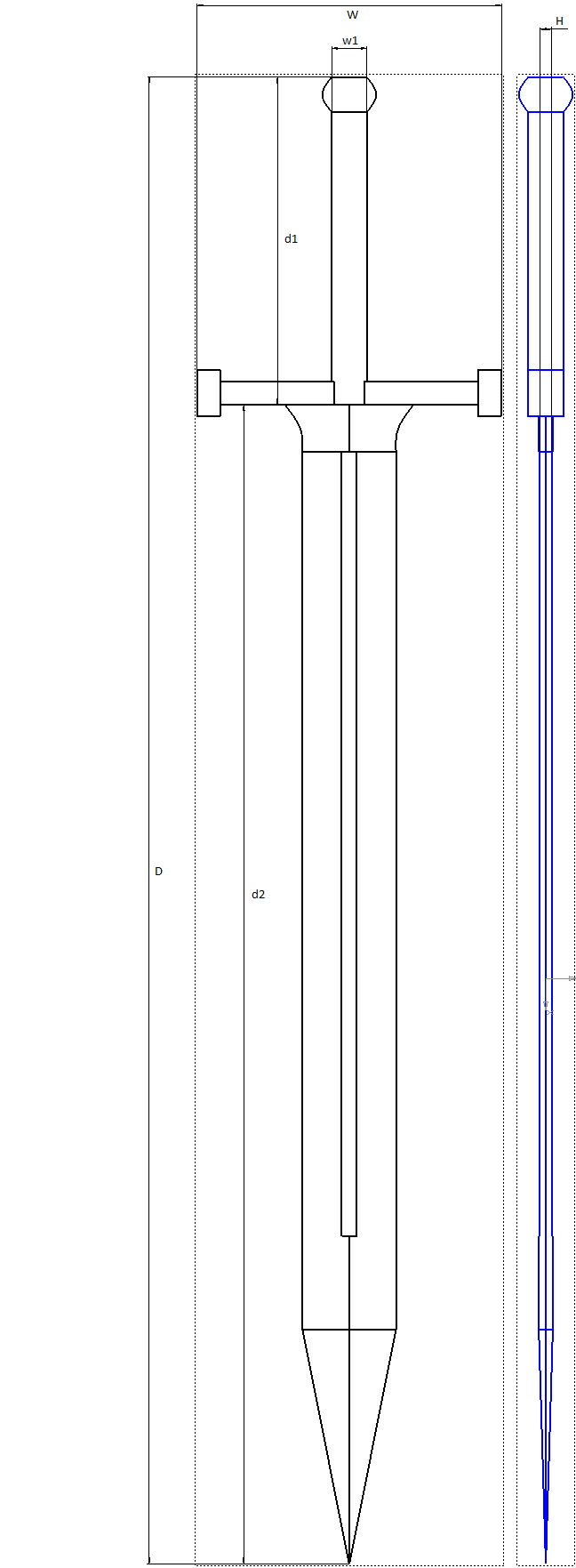


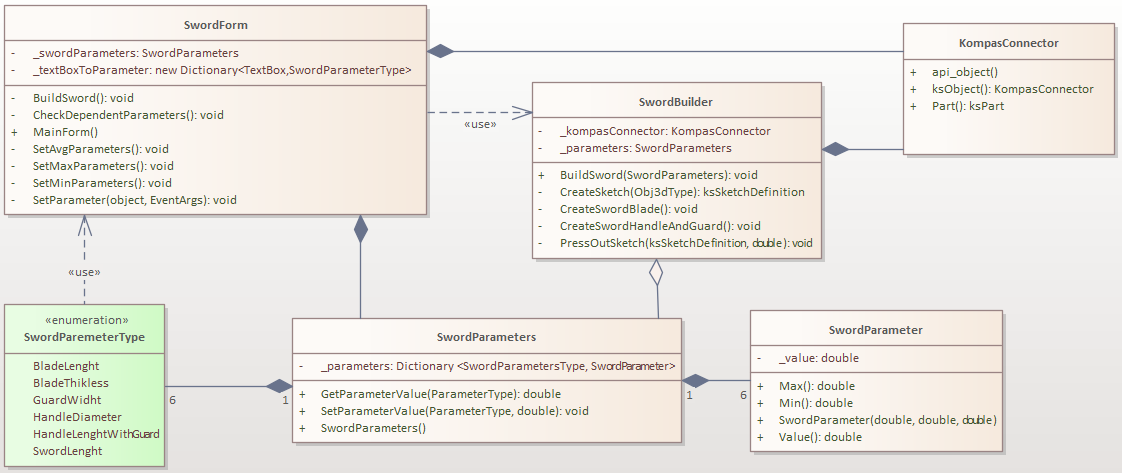
Рисунок 2.1 – чертеж меча

**3 Проект программы**

**3.1 Диаграмма классов**

Диаграмма классов описывает типы объектов системы и различного рода статические отношения, которые существуют между ними. На диаграммах классов отображаются также свойства классов, операции классов и ограничения, которые накладываются на связи между объектами [6]. Целью создания диаграммы классов является графическое представление статической структуры декларативных элементов системы.

Диаграмма классов плагина «Меч» представлена на рисунке 3.1.

Рисунок 3.1 – Диаграмма классов UML

Далее в таблицах 3.1 – 3.4 представлено описание классов

Таблица 3.1 – Описание полей, методов, сущностей класса «SwordForm»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода/поля | Возвращаемый тип | Описание |
| \_swordParameters |  | Хранит в себе набор методов для построения Меча |
| \_textBoxToParameter |  | Хранит в себе набор TextBox и соответствующий ему тип параметра из перечисления «SwordParametersType» |
| SetParameter(object, EventArgs) | void | Устанавливает значение параметра |
| SetMinParameters() | void | Устанавливает минимальное значение всех параметров |
| * SetMaxParameters() | void | Устанавливает максимальное значение всех параметров |
| - SetAvgParameters() | void | Устанавливает среднее значение всех параметров |
| Build() | void | Строит кружку по заданным параметрам |

Таблица 3.2 – Описание полей, методов, сущностей класса «SwordParameters»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода/поля | Возвращаемый тип | Описание |
| \_parameters |  | Хранит данные о каждом параметре модели из перечисления «SwordParametersType» |
| SwordParameters() |  | Конструктор для создания экземпляра класса |
| SetParameterValue(ParameterType, double) | void | Устанавливает значение определённого параметра |
| GetParameterValue(ParameterType) | double | Возвращает значение определённого параметра |

Таблицы 3.2 – Описание полей, методов, сущностей класса «SwordParameter»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода/поля | Возвращаемый тип | Описание |
| \_value |  | Хранит текущее значение |
| SwordParameter(double, double, double) |  | Конструктор для создания экземпляра класса |
| Max () | double | Возвращает максимальное допустимое значение параметра |

Продолжение таблицы 3.2– Описание полей, методов, сущностей класса «SwordParameter»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода/поля | Возвращаемый тип | Описание |
| Min () | double | Возвращает минимальное допустимое значение параметра |
| Value() | double | Возвращает текущее значение параметра. Задает новое значение параметра |

Таблица 3.3 – Описание полей, методов, сущностей класса «SwordBuilder»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода/поля | Возвращаемый тип | Описание |
| kompasConnector |  | Хранит в себе методы необходимые для связи с КОМПАС 3D |
| \_parameters |  | Хранит данные о каждом параметре модели из перечисления «SwordParameter» |
| BuildSword(SwordParameters) | void | Построение меча по заданным параметрам |
| CreateSwordBlade() | void | Построение лезвия меча |
| CreateSwordHandleAndGuard() |  | Построение рукоятки вместе с гардой |

**3.2 Макет пользовательского интерфейса**

Пользовательский интерфейс – интерфейс, обеспечивающий передачу информации между пользователем – человеком и программно-аппаратными компонентами компьютерной сети [7].

Плагин представляет собой пользовательскую форму с полями для ввода соответствующих параметров (рисунок 3.1). Посредством кнопки «Построить форму для льда» осуществляется запуск САПР «Компас-3D», на рабочей области которой строится трехмерная модель по заданным параметрам. Если построение модели выполняется несколько раз, то плагин не запускает несколько копий программы «Компас-3D», а создает в ней новый документ. В случае ввода значений параметров, не входящих в допустимый диапазон, поле для ввода окрашивается в красный цвет и выводится окно, информирующее пользователя о некорректности введенного значения, например, со следующим текстом: «Значение параметра введено некорректно: длина форма не должна быть менее 100мм и не более 150мм». Также, при изменении параметра “Длина формы” изменяться параметр “Ширина формы” и наоборот.

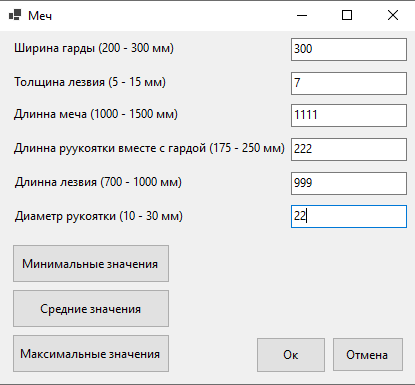


Рисунок 3.1 - Окно пользовательского интерфейса

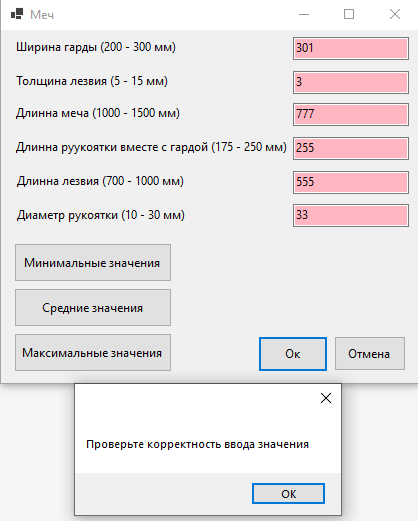


Рисунок 3.2 - Окно пользовательского интерфейса в динамике с отображением ошибок

**Список использованных источников**

1. Официальный сайт системы автоматизированного проектирования «Компас-3D» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://kompas.ru/kompas-3d/about (дата обращения: 07.10.2022)

2. Компас (САПР) [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Компас\_(САПР) (дата обращения: 17.10.2022)

3. Интерфейс прикладного программирования геометрического ядра C3D. Его применение и главное отличие от API системы КОМПАС-3D [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sapr.ru/article/25210 (дата обращения: 07.10.2022)

4. Программа автоматического построения 3D моделей труб в AutoCAD [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://apps.autodesk.com/ACD/ru/Detail/Index?id=6989112356543811151&appLang=en&os=Win32\_64 (дата обращения: 17.10.2022)

5. Обзор функционала SOLIDWORKS 2022 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://kb20.ru/articles/chto-novogo-v-solidworks-2022-beta/ (дата обращения: 17.10.2022)

6. UML. Основы / Фаулер, М. – 3-е изд., пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2004. – 192 с.

7. Интерфейс пользователя [Электронный курс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерфейс\_пользователя (дата обращения 17.10.2022)