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 «Блин для штанги» ДЛЯ «КОМПАС-3D»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

по дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОРСАПР)

Выполнил:

студент гр. 582-1

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Горохов В.И.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2025 г.

Проверил:

к.т.н., доцент каф. КСУП \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Калентьев А.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2025 г.

1 Описание САПР

# Описание программы

КОМПАС-3D – это российская импортонезависимая система трёхмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий и сотен тысяч профессиональных пользователей.

КОМПАС-3D широко используется для проектирования изделий основного и вспомогательного производств в таких отраслях промышленности, как машиностроение (транспортное, сельскохозяйственное, энергетическое, нефтегазовое, химическое и т.д.), приборостроение, авиастроение, судостроение, станкостроение, вагоностроение, металлургия, промышленное и гражданское строительство, товары народного потребления и т. д.[1]

Данная САПР позволяет проектировать модели и сборки разного уровня сложности, благодаря разнообразному функционалу, включающего в себя работу как с 2-мерными эскизами, так и с 3D-моделями. В САПР есть возможность работать со всеми основными примитивами необходимыми для создания эскизов и моделей, а также существует достаточное количество инструментов для работы с 3D-моделями (вытягивание, вращение, вырезание и др.).

Компас 3D имеет множество прямых аналогов на рынке, среди них встречаются Autodesk Inventor, SOLIDWORKS и др.

В рамках дисциплины выбор данной САПР объясняется наличием описания API на русском языке, доступность учебной версии САПР без необходимости получать одобрения от компании, а также большим количеством информации на сторонних ресурсах на русском языке, позволяющим детальнее узнать о возможностях работы с САПР.

# Описание API

**API** (Application Programming Interface) – интерфейс программирования приложений, описывающий способы взаимодействия программы с внешними компонентами.

Для подключения и работы с API на C# потребуется выполнить ряд следующих действий:

1. Включить в свойствах проекта функцию Register for COM Interop;
2. Создать DLL-обёртку для TLB Компас API с помощью Tlblmp.exe;
3. Подключить созданный DLL к проекту;
4. Зарегистрировать библиотеку в системе КОМПАС (а именно реализовать статический метод типа .htmSample с рядом настроек)
5. Зарегистрировать библиотеку на компьютере пользователя, воспользовавшись утилитой RegAsm.exe

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

Таблица 1.1 – Интерфейсы, используемые при разработке

|  |  |
| --- | --- |
| Интерфейс | Описание |
| KompasObject | Корневой объект API КОМПАС, предоставляет доступ к документам и сервисным функциям приложения. |
| ksEntity | Базовый элемент модели (эскиз, операция и т.д.), оболочка над объектом параметров Definition. |
| ksDocument2D | 2D-документ/редактор, используемый для построения геометрических примитивов. |
| ksSketchDefinition | Управляет началом и завершением редактирования эскиза. |
| ksDocument3D | 3D-документ, в котором создаются детали и сборки. |

Окончание таблицы 1.1 – Интерфейсы, используемые при разработке

|  |  |
| --- | --- |
| Интерфейс | Описание |
| ksPart | Часть модели (деталь или сборка), через неё создаются объекты и операции. |
| ksBaseExtrusionDefinition | Определяет параметры операции выдавливания. |
| ksBossRotatedDefinition | Определяет параметры операции вращения (вращательное тело). |
| ksCutExtrusionDefinition | Определяет параметры операции выреза выдавливанием. |
| ksEdgeFilletDefinition | Определяет параметры скруглений и фасок кромок. |

Таблица 1.2 – Методы интерфейса KompasObject

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Описание |
| Document3D() | ksDocument3D | Получает указатель на 3D-документ (деталь/сборку). |
| ActivateControllerAPI() | bool | Активирует контроллер API КОМПАС-3D. |
| Visible() | bool | Возвращает или задает видимость окна КОМПАС-3D. |

Таблица 1.3 – Методы интерфейса ksEntity

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Описание |
| Create() | bool | Создает объект в модели. |
| GetDefinition() | IUnknown | Возвращает интерфейс параметров (Definition) связанного объекта. |

Таблица 1.4 – Методы интерфейса ksDocument2D

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Параметры | Описание |
| ksCircle(xc, yc, rad, style) | int | xc, yc – координаты центра;  rad – радиус; style – стиль линии | Создает окружность на активном эскизе. |

Таблица 1.5 – Методы интерфейса ksSketchDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Описание |
| BeginEdit() | bool | Открывает режим редактирования эскиза. |
| EndEdit() | bool | Завершает редактирование эскиза. |

Таблица 1.6 – Методы интерфейса ksDocument3D

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Параметры | Описание |
| Create(invisible, typeDoc) | bool | invisible – скрытый режим; typeDoc – тип документа (деталь/сборка) | Создает новый 3D-документ. |
| GetPart(type) | ksPart | type – тип части (pTop\_Part и др.) | Возвращает компонент (деталь или сборку) указанного типа. |

Таблица 1.7 – Методы интерфейса ksPart

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Параметры | Описание |
| GetDefaultEntity(objType) | ksEntity | objType – тип объекта | Возвращает объект, созданный системой по умолчанию (например, плоскость, ось). |
| NewEntity(objType) | ksEntity | objType – тип создаваемого объекта | Создает новый объект (эскиз, операция и т.д.). |

Таблица 1.8 – Методы интерфейса ksBaseExtrusionDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Параметры | Описание |
| SetSideParam(forward, type, depth, draftValue, draftOutward) | bool | forward – направление; type – тип; depth – глубина; draftValue – уклон; draftOutward – направление уклона | Задает параметры выдавливания. |
| SetSketch(sketch) | bool | sketch – эскиз операции | Назначает эскиз для операции выдавливания. |

Таблица 1.9 – Методы интерфейса ksBossRotatedDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Параметры | Описание |
| SetSketch(sketch) | bool | sketch – эскиз профиля | Назначает профиль для операции вращения. |
| SetAxis(axis) | bool | axis – ось вращения | Устанавливает ось вращения. |
| SetAngle(angle) | bool | angle – угол вращения (в градусах) | Задает угол вращения (обычно 360°). |

Таблица 1.10 – Методы интерфейса ksCutExtrusionDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Параметры | Описание |
| SetSketch(sketch) | bool | sketch – эскиз выреза | Назначает эскиз для операции выреза. |
| SetSideParam(forward, type, depth, draftValue, draftOutward) | bool | forward – направление; type – тип; depth – глубина; draftValue – уклон; draftOutward – направление уклона | Задает параметры выреза. |

Таблица 1.11 – Методы интерфейса ksEdgeFilletDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод | Возвращаемое значение | Параметры | Описание |
| SetRadius(radius) | bool | radius – радиус скругления | Задает радиус скругления кромок. |
| AddEdge(edge) | bool | edge – ссылка на ребро модели | Добавляет ребро, к которому применяется скругление. |
| Create() | bool | – | Создает операцию скругления с заданными параметрами. |

# Обзор аналогов плагина

Программа автоматического построения 3D моделей и разверток по заданным значениям в AutoCAD «Лекало». Расчет и построение механических передач

Данная программа позволяет создавать следующие 3D модели в AutoCAD посредством ввода размеров с клавиатуры:

* металлопрокат;
* механические соединения;
* механические передачи;
* элементы гидро- и пнемвоприводов;
* построение конструктивных элементов [4].

На рисунке 1.1 представлен пользовательский интерфейс программы «Лекало» для построения втулки.



Рисунок 1.1 – Пользовательский интерфейс программы «Лекало» для построения втулки

Вторым аналогом является плагин Плагин «Fasteners» для программы FreeCAD.

Данный плагин предназначен для моделирования метрических болтов и гаек по стандартам ISO [5].



Рисунок 1.2 – Пользовательский интерфейс плагина «Fasteners»

# Описание предмета проектирования

Блин для штанги – спортивный снаряд в виде диска с центральным отверстием, предназначенный для установки на гриф. Модель строится как тело вращения с дополнительными элементами (фаски/скругления, внутреннее углубление).

Изменяемые параметры (из ТЗ):

* Наружный диаметр D: 100–500 мм;
* Толщина T: 10–80 мм, при этом T ≤ D/10;
* Диаметр отверстия d: 26–51 мм, d < D;
* Радиус скругления фаски R: 2–10 мм;
* Радиус внутреннего углубления L: d < L < D;
* Глубина внутреннего углубления G: G < T.

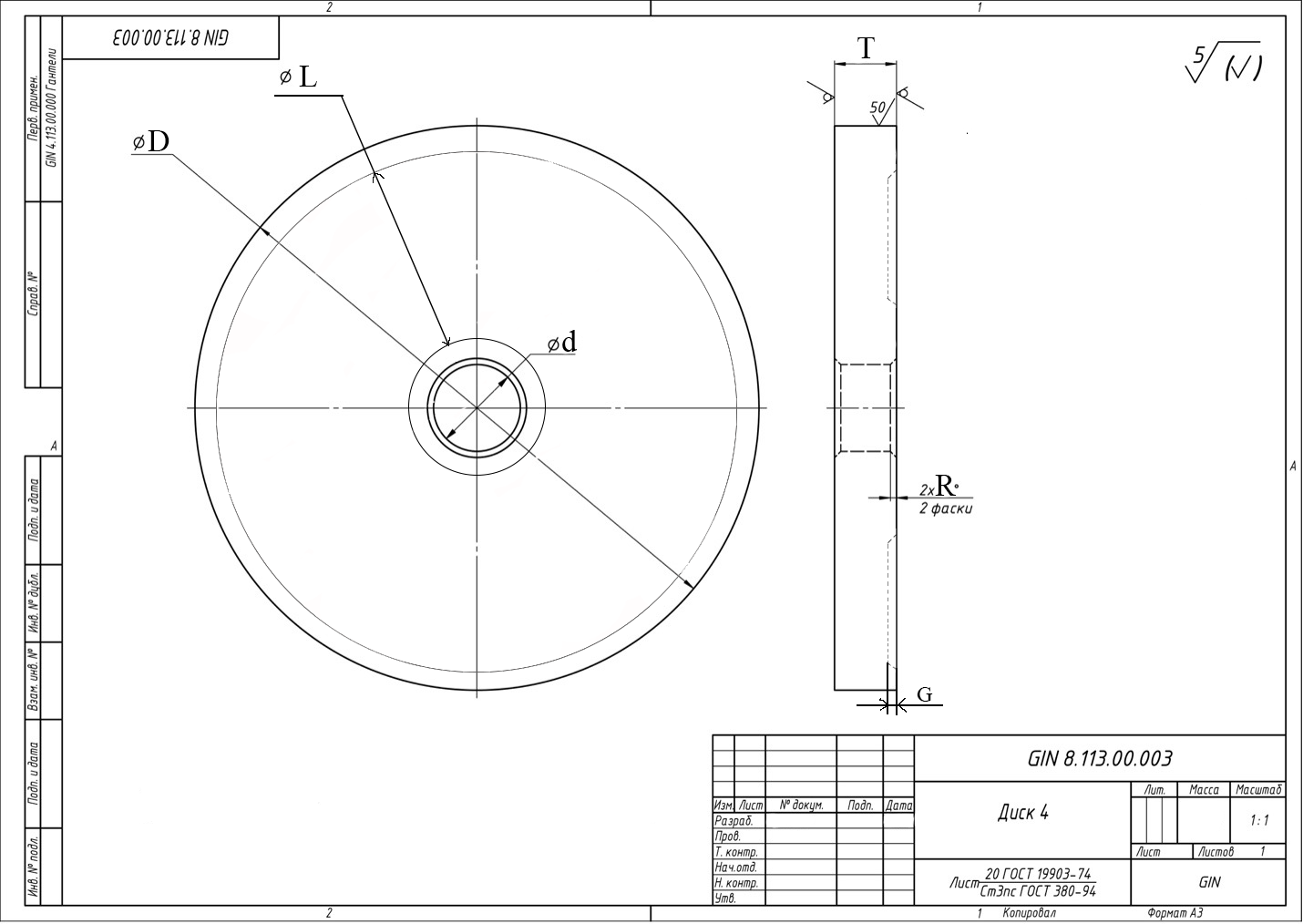


Рисунок 2.1 – Параметризованная модель блина с обозначением размеров (D, T, d, R, L, G).

# Проект системы

# UML‑диаграмма классов

UML – стандартный язык визуального моделирования для спецификации, проектирования и документирования систем. В проекте используется диаграмма классов для описания структуры плагина.

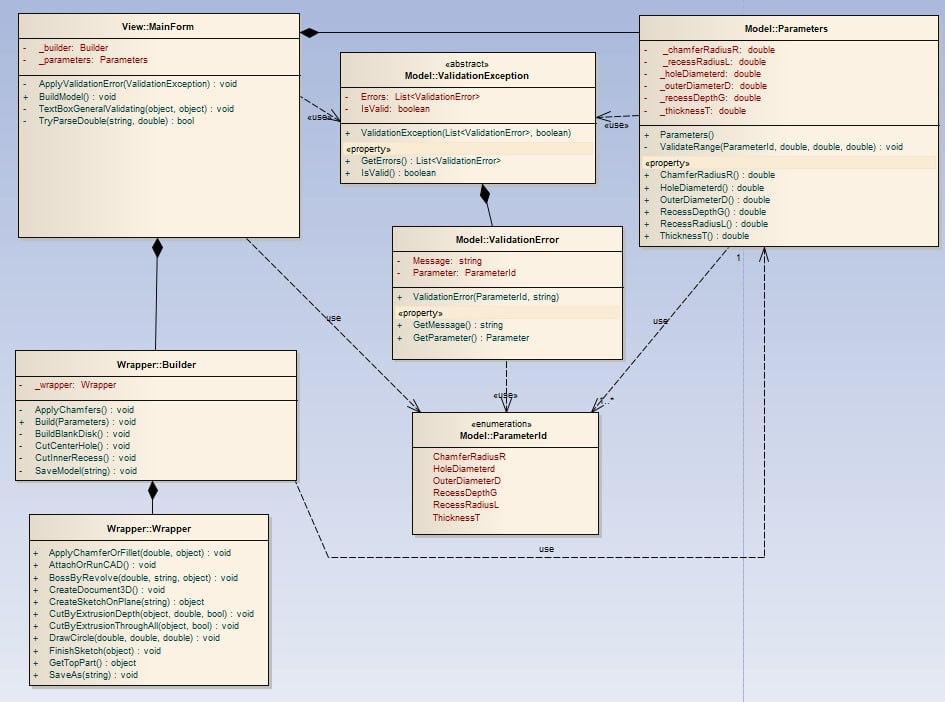


Рисунок 3.1 – UML‑диаграмма классов плагина «Блин для штанги».

Таблица 3.3 – Поля класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| OuterDiameterD | double | Возвращает и задаёт наружный диаметр диска (100–500 мм). |
| ThicknessT | double | Возвращает и задаёт толщину диска (10–80 мм, T ≤ D/10). |
| HoleDiameterd | double | Возвращает и задаёт диаметр центрального отверстия (26–51 мм, d < D). |
| ChamferRadiusR | double | Возвращает и задаёт радиус фаски/скругления кромок (2–10 мм). |
| RecessRadiusL | double | Возвращает и задаёт радиус внутреннего углубления (d < L < D). |
| RecessDepthG | double | Возвращает и задаёт глубину внутреннего углубления (0 < G < T). |

Таблица 3.4 – Используемые методы класса Builder

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| Build | parameters: Parameters | void | Оркестрирует построение модели диска: вызывает этапы построения в нужной последовательности. |
| BuildBlankDisk | – | void | Создаёт заготовку диска вращением профиля по параметрам D и T. |

Окончание таблицы 3.4 – Используемые методы класса Builder

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| CutCenterHole | – | void | Вырезает центральное отверстие диаметром d сквозным выдавливанием. |
| CutInnerRecess | – | void | Формирует внутреннее углубление на радиусе L глубиной G выдавливанием «до глубины». |
| ApplyChamfers | – | void | Применяет фаски/скругления радиуса R к требуемым кромкам. |
| SaveModel | path: string | void | Сохраняет полученную 3D‑модель в файл. |

Таблица 3.5 – Используемые методы класса MainForm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| BuildModel | – | void | Считывает значения из полей формы, устанавливает их в Parameters и вызывает Builder.Build(). |
| TryParseDouble | text: string, outValue: double | bool | Пытается преобразовать текст в число с проверкой формата. |
| ApplyValidationError | ex: ValidationException | void | Обрабатывает ошибки: показывает сообщение и подсвечивает поля. |
| textBoxOuterDiameterD  \_Validating | sender: object, e: object | void | Валидирует и применяет значение D. |

Таблица 3.5 – Используемые методы класса MainForm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| textBoxThicknessT  \_Validating | sender: object, e: object | void | Валидирует и применяет значение T. |
| textBoxHoleDiameterd  \_Validating | sender: object, e: object | void | Валидирует и применяет значение d. |
| textBoxChamferRadiusR  \_Validating | sender: object, e: object | void | Валидирует и применяет значение R. |
| textBoxRecessRadiusL  \_Validating | sender: object, e: object | void | Валидирует и применяет значение L. |
| textBoxRecessDepthG  \_Validating | sender: object, e: object | void | Валидирует и применяет значение G. |

Таблица 3.6 – Используемые методы класса Parameters

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| Parameters | – | – | Конструктор по умолчанию. Инициализирует значения по умолчанию. |

Продолжение таблицы 3.6 – Используемые методы класса Parameters

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| GetOuterDiameterD | – | double | Возвращает D. |
| GetThicknessT | – | double | Возвращает T. |
| GetHoleDiameterd | – | double | Возвращает d. |
| GetChamferRadiusR | – | double | Возвращает R. |
| GetRecessRadiusL | – | double | Возвращает L. |
| GetRecessDepthG | – | double | Возвращает G. |
| SetOuterDiameterD | value: double | void | Устанавливает D с проверкой диапазона (100–500). |
| SetThicknessT | value: double | void | Устанавливает T с проверкой диапазона (10–80). |
| SetHoleDiameterd | value: double | void | Устанавливает d с проверкой диапазона (26–51). |
| SetChamferRadiusR | value: double | void | Устанавливает R с проверкой диапазона (2–10). |
| SetRecessRadiusL | value: double | void | Устанавливает L с проверкой условия d < L < D. |
| SetRecessDepthG | value: double | void | Устанавливает G с проверкой условия 0 < G < T. |

Окончание таблицы 3.6 – Используемые методы класса Parameters

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| ValidateRange | param: ParameterId, value: double, min: double, max: double | void | Приватная универсальная проверка диапазона одного параметра; при нарушении генерирует ValidationException. |
| ValidateAll | – | void | Публичная сквозная проверка зависимостей: T ≤ D/10; d < D; d < L < D; 0 < G < T. При нарушении генерирует ValidationException. |

Таблица 3.7 – Используемые методы класса Wrapper

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| AttachOrRunCAD | – | void | Подключается к запущенному Компас‑3D или запускает новый процесс. |
| CreateDocument3D | – | void | Создаёт новый 3D‑документ (деталь). |
| GetTopPart | – | object | Возвращает верхний компонент/деталь для построения. |
| CreateSketchOnPlane | plane: string | object | Создаёт эскиз на плоскости (например, XOY). |
| DrawCircle | xc: double, yc: double, radius: double | void | Рисует окружность на активном эскизе. |
| FinishSketch | sketch: object | void | Завершает редактирование эскиза. |

Окончание таблицы 3.7 – Используемые методы класса Wrapper

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| BossByRevolve | sketch: object, axis: string, angleDeg: double | void | Создаёт тело вращением по профилю (заготовка диска). |
| CutByExtrusionThroughAll | sketch: object, forward: bool | void | Сквозной вырез (центральное отверстие). |
| CutByExtrusionDepth | sketch: object, depth: double, forward: bool | void | Вырез до глубины (углубление G). |
| ApplyChamferOrFillet | radius: double, edges: object | void | Фаски/скругления на кромках. |
| SaveAs | path: string | void | Сохраняет модель в файл. |

Таблица 3.8 – Свойства и конструктор класса ValidationException

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| Message | string | Текст ошибки валидации. |
| InvalidParameters | List<ParameterId> | Список параметров, требующих подсветки/исправления. |
| ValidationException(message, invalidParams) | – | Конструктор, инициализирующий исключение. |

Таблица 3.9 – Перечисление ParameterId

|  |  |
| --- | --- |
| Элемент | Описание |
| OuterDiameterD | Наружный диаметр диска D. |
| ThicknessT | Толщина диска T. |
| HoleDiameterd | Диаметр центрального отверстия d. |
| ChamferRadiusR | Радиус фаски/скругления R. |
| RecessRadiusL | Радиус внутреннего углубления L. |
| RecessDepthG | Глубина внутреннего углубления G. |

# Макеты пользовательского интерфейса

На рисунке 3.2 представлен ввод параметров (D, T, d, R, L, G) с единицами измерений и подсказками по допустимым диапазонам. Кнопки: «Построить», «Сбросить до значений по умолчанию».

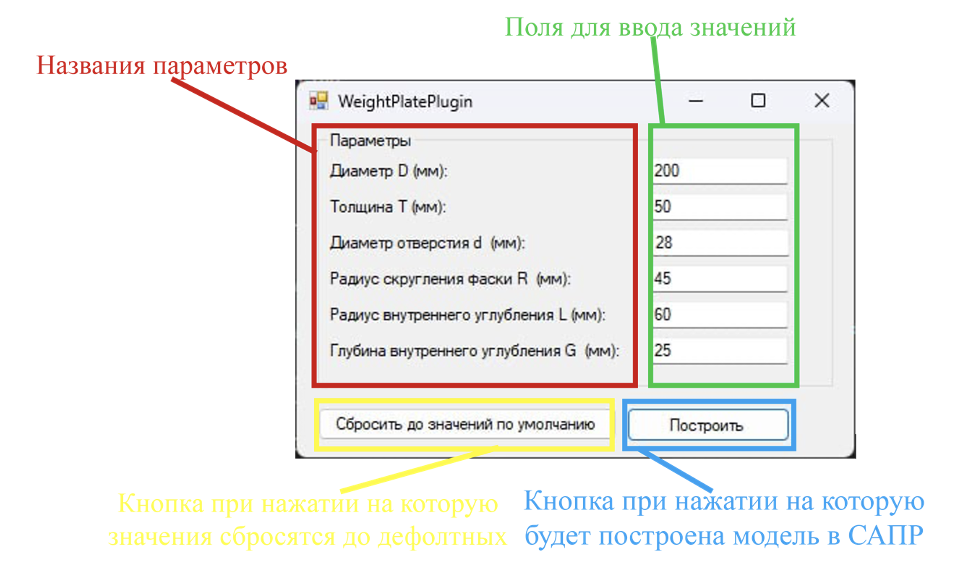
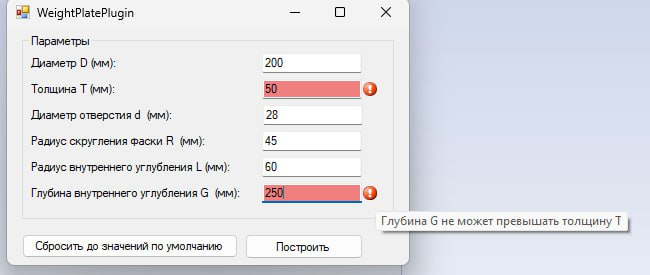


Рисунок 3.2 – Макет UI.

На рисунке 3.3 представлена ошибка валидации и подсвечивание поля в месте ошибки с последующим выводом текста ошибки при наведении.



Индикатор ошибки

Сообщение об ошибке

Рисунок 3.3 – Пример сообщения об ошибке.

4 Список источников

1. КОМПАС-3D [Электронный ресурс]. − Режим доступа https://kompas.ru/kompas-3d/about/ (дата обращения 13.10.2025)
2. API [Электронный ресурс]. − Режим доступа https://habr.com/ru/articles/464261/ (дата обращения 13.10.2025)
3. UML [Электронный ресурс]. − Режим доступа https://www.uml-diagrams.org/ (дата обращения 13.10.2025)

4. Программа автоматического построения 3D моделей и разверток по заданным значениям в AutoCAD «Лекало». Расчет и построение механических передач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.2d-3d.ru/3d-galereia/autocad/811-programma-dlya-autocad-lekalo.html (дата обращения: 13.10.2025)

5. Болты, гайки, шайбы... Быстрое моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://3dtoday.ru/blogs/3dlab/bolts-nuts-washers-quick-.modeling (дата обращения: 13.10.2025)