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 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 |
| ksDocument3D | Интерфейс документа-модели |
| ksPart | Интерфейс детали или подсборки в составе сборки |
| ksBaseExtrusionDefinition | Интерфейс параметров основания - элемента выдавливания |
| ksBossRotatedDefinition | Интерфейс основание вращением |
| ksCutExtrusionDefinition | Интерфейс выреза выдавливанием |
| ksEdgeFilletDefinition | Интерфейс скругления/фаски по кромкам |

В нижеописанных 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() | ksDocument3D | 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 |
| o3d\_baseExtrusion | Базовая операция выдавливания |
| o3d\_cutExtrusion | Вырезать выдавливанием |
| o3d\_circularCopy | Операция копирования по концентрической сетке |
| o3d\_bossRotated | Основание вращением |
| o3d\_cutExtrusion | Вырез выдавливанием |

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 |
| 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 |

Таблица. 1.16 – Используемые методы интерфейса ksBossRotatedDefinition

| Название | Возврат | Описание |
| --- | --- | --- |
| SetSketch(LPDISPATCH sketch) | bool | Назначить эскиз профиля для операции основания вращением. |
| SetAxis(LPDISPATCH axis) | bool | Задать ось вращения (обычно ось OZ или линия в эскизе). |
| SetAngle(double angle) | bool | Установить угол вращения (для блина – 360°). |

Таблица. 1.17 – Используемые методы интерфейса ksCutExtrusionDefinition

| Название | Возврат | Описание |
| --- | --- | --- |
| SetSketch(LPDISPATCH sketch) | bool | Назначить эскиз для выреза. |
| SetSideParam(bool forward, short type, double depth, double draftValue, bool draftOutward) | bool | Настроить глубину/тип выреза. Для сквозного отверстия – тип «до следующей/сквозь», для углубления – глубина G. |

Таблица. 1.18 – Используемые методы интерфейса ksEdgeFilletDefinition

| Название | Возврат | Описание |
| --- | --- | --- |
| SetSketch(LPDISPATCH sketch) | bool | Назначить эскиз для выреза. |
| SetSideParam(bool forward, short type, double depth, double draftValue, bool draftOutward) | bool | Настроить глубину/тип выреза. Для сквозного отверстия – тип «до следующей/сквозь», для углубления – глубина G. |

# 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.

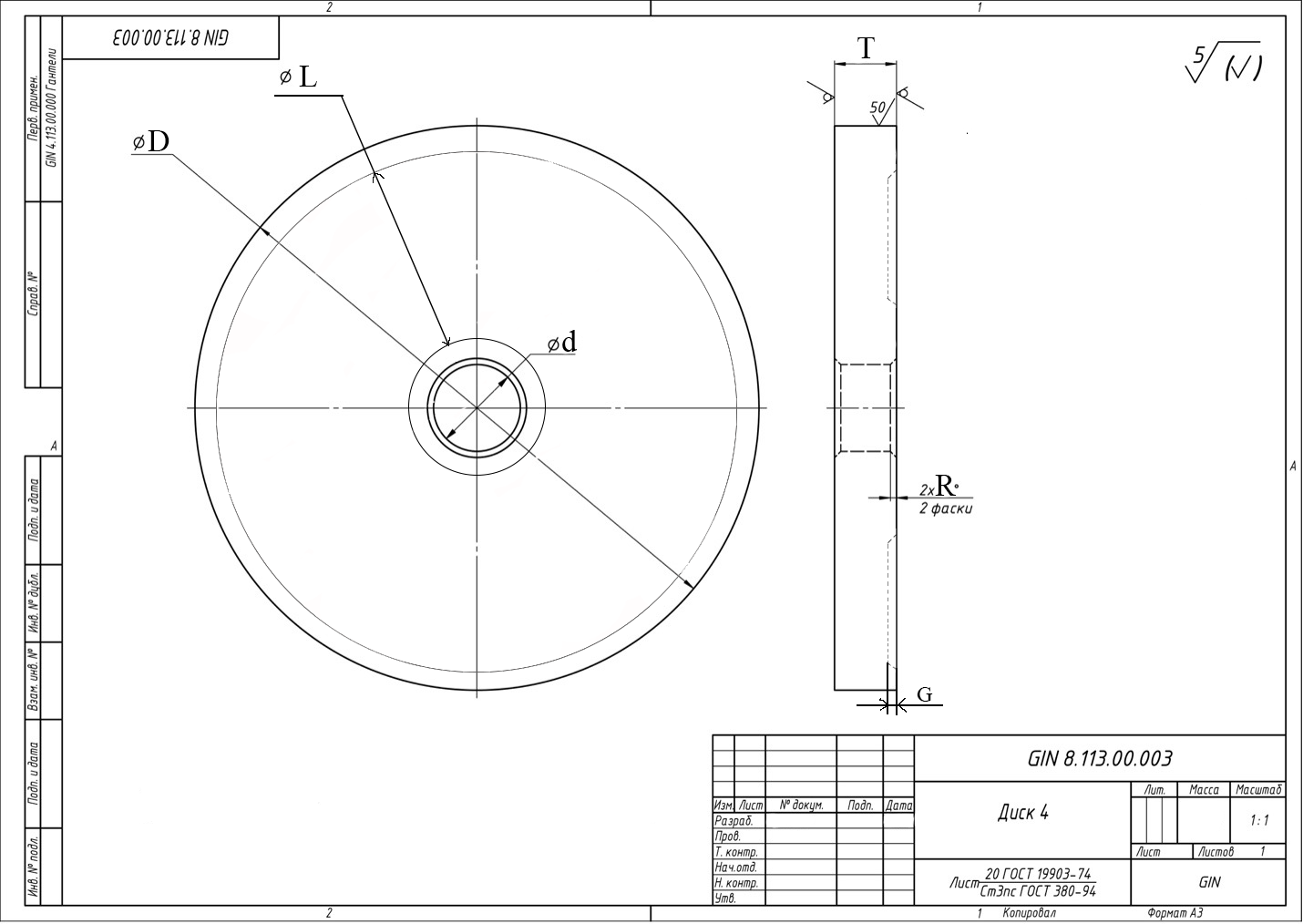


Рисунок 2.1 – Параметризованная модель блина с обозначением размеров (D, T, d, R, L, G).

# 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.

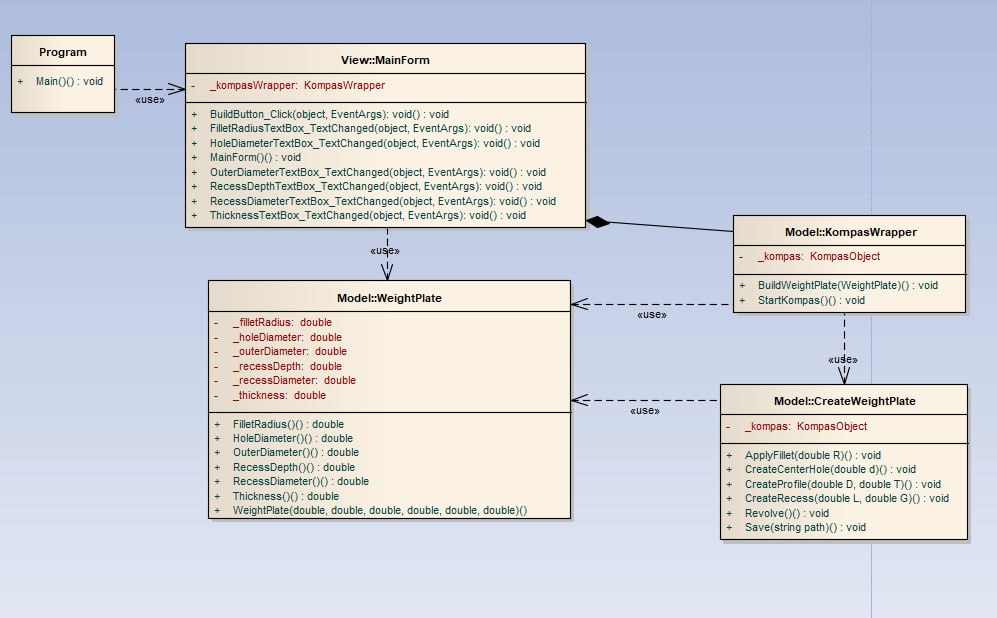


Рисунок 3.1 – UML‑диаграмма классов плагина «Блин для штанги».

Таблица 3.1 – Поля класса MainForm

| Название | Тип данных | Описание |
| --- | --- | --- |
| \_kompasWrapper | KompasWrapper | Объект-обёртка для взаимодействия с системой КОМПАС-3D. Используется для запуска и построения модели. |

Таблица 3.2 – Методы класса MainForm

| Название | Входные параметры | Возврат | Описание |
| --- | --- | --- | --- |
| MainForm() | – | void | Конструктор формы. Инициализация компонентов пользовательского интерфейса. |
| BuildButton\_Click | object sender, EventArgs e | void | Обработчик нажатия кнопки «Построить». Формирует объект параметров и вызывает построение модели. |
| OuterDiameterTextBox\_TextChanged | object sender, EventArgs e | void | Обновление значения наружного диаметра *D*. |
| ThicknessTextBox\_TextChanged | object sender, EventArgs e | void | Обновление значения толщины *T*. |
| HoleDiameterTextBox\_TextChanged | object sender, EventArgs e | void | Обновление значения диаметра отверстия *d*. |
| FilletRadiusTextBox\_TextChanged | object sender, EventArgs e | void | Обновление радиуса скругления *R*. |

Продолжение таблицы 3.2 – Методы класса MainForm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Возврат | Описание |
| RecessDiameterTextBox\_TextChanged | object sender, EventArgs e | void | Обновление диаметра углубления *L*. |
| RecessDepthTextBox\_TextChanged | object sender, EventArgs e | void | Обновление глубины углубления *G*. |

Назначение класса: Реализует пользовательский интерфейс плагина. Обеспечивает ввод параметров блина для штанги и взаимодействует с обёрткой КОМПАС-3D.

Таблица 3.3 – Поля класса WeightPlate

| Название | Тип данных | Описание |
| --- | --- | --- |
| \_outerDiameter | double | Наружный диаметр блина *D*. |
| \_thickness | double | Толщина блина *T*. |
| \_holeDiameter | double | Диаметр центрального отверстия *d*. |
| \_filletRadius | double | Радиус фаски или скругления *R*. |
| \_recessDiameter | double | Диаметр внутреннего углубления *L*. |
| \_recessDepth | double | Глубина внутреннего углубления *G*. |

Таблица 3.4 – Методы класса WeightPlate

| Название | Входные параметры | Возврат | Описание |
| --- | --- | --- | --- |
| WeightPlate(double D, double T, double d, double R, double L, double G) | – | – | Конструктор класса, инициализирует все размеры блина. |
| OuterDiameter() | – | double | Получение наружного диаметра *D*. |
| Thickness() | – | double | Получение толщины *T*. |
| HoleDiameter() | – | double | Получение диаметра отверстия *d*. |
| FilletRadius() | – | double | Получение радиуса скругления *R*. |
| RecessDiameter() | – | double | Получение диаметра углубления *L*. |
| RecessDepth() | – | double | Получение глубины углубления *G*. |

Назначение класса: Хранит все параметры модели блина для штанги. Передаётся в методы построения для определения геометрии детали.

Таблица 3.5 – Поля класса KompasWrapper

| Название | Тип данных | Описание |
| --- | --- | --- |
| \_kompas | KompasObject | Ссылка на объект КОМПАС-3D, используемый для выполнения API-вызовов. |

Таблица 3.6 – Методы класса KompasWrapper

| Название | Входные параметры | Возврат | Описание |
| --- | --- | --- | --- |
| StartKompas() | – | void | Инициализирует подключение к КОМПАС-3D и открывает новое окно приложения. |
| BuildWeightPlate(WeightPlate plate) | WeightPlate | void | Запускает построение модели блина по заданным параметрам. Использует класс CreateWeightPlate для создания геометрии. |

Назначение класса: Служит мостом между приложением и API КОМПАС-3D. Управляет запуском САПР и делегирует построение объекту CreateWeightPlate.

Таблица 3.7 – Поля класса CreateWeightPlate

| Название | Тип данных | Описание |
| --- | --- | --- |
| \_kompas | KompasObject | Объект КОМПАС-3D, используемый для выполнения операций 3D-построения. |

Таблица 3.8 – Методы класса CreateWeightPlate

| Название | Входные параметры | Возврат | Описание |
| --- | --- | --- | --- |
| CreateProfile(double D, double T) | – | void | Создание 2D-профиля блина по диаметру *D* и толщине *T*. |
| Revolve() | – | void | Операция вращения профиля для получения 3D-тела блина. |
| CreateCenterHole(double d) | – | void | Создание центрального отверстия диаметром *d*. |

Продолжение таблицы 3.8 – Методы класса CreateWeightPlate

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Возврат | Описание |
| CreateRecess(double L, double G) | – | void | Создание внутреннего углубления диаметром *L* и глубиной *G*. |
| ApplyFillet(double R) | – | void | Добавление скруглений или фасок радиусом *R* по кромкам модели. |
| Save(string path) | – | void | Сохранение полученной модели в файл. |

Назначение класса: Реализует непосредственные геометрические операции в КОМПАС-3D: построение профиля, вращение, вырезы и фаски. Используется классом KompasWrapper.

Таблица 3.9 – Методы класса Program

| Название | Входные параметры | Возврат | Описание |
| --- | --- | --- | --- |
| Main() | – | void | Точка входа в программу. Создаёт форму MainForm, ожидает действий пользователя и инициирует процесс построения модели. |

# Макеты пользовательского интерфейса

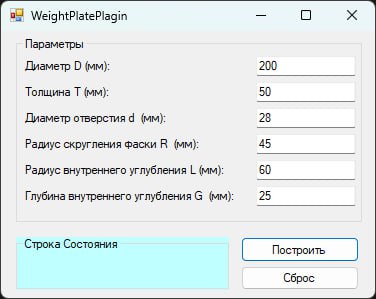


Рисунок 3.2 – Макет UI.

Ввод параметров (D, T, d, R, L, G) с единицами измерений и подсказками по допустимым диапазонам. Кнопки: «Построить», «Сброс». Ошибки валидации подсвечивают поля и выводятся в статус‑строке.

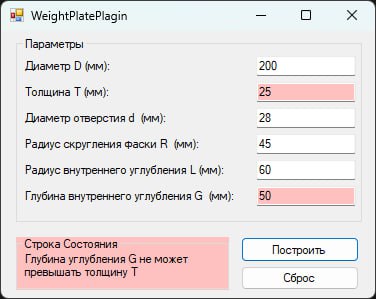


Рисунок 3.3 – Пример сообщения об ошибке. «Глубина углубления G не может превышать толщину T».

Поле G подсвечено, кнопка «Построить» заблокирована.

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)