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 «БОКАЛ» ДЛЯ «КОМПАС-3D»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

по дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОРСАПР)

Выполнил:

студент гр. 582-1

\_\_\_\_\_\_\_\_\_Лавор М. А.

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

Проверил:

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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025 г.

**1 Описание САПР**

* 1. **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.

* 1. **Описание API**

API ([аббр.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B1%D0%B1%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0" \o "Аббревиатура) от [англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) application programming interface,дословно интерфейс программирования приложения) — программный интерфейс, то есть описание способов взаимодействия одной компьютерной программы с другими.[2]

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

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. |

Продолжение 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 | Параметры | 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 | Параметры | 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 | Параметры | 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. |

**1.3 Обзор аналогов плагина**

Первым аналогом является приложения «Teapot Plugin» [3] для Компас-3D, который предназначен для создания различных форм чайников. Он демонстрирует, как можно расширить функциональность КОМПАС-3D для создания 3D-моделей через пользовательский интерфейс плагина. Плагин может служить примером того, как организовать создание объектов с помощью параметров, передаваемых из пользовательского интерфейса в процесс моделирования. Данный аналог является прямым для разрабатываемого плагина «Бокал». Интерфейс взаимодействия представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 − Интерфейс приложения «Teapot Plugin»

Вторым аналогом является 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 1.2 представлен пользовательский интерфейс программы «Лекало» для построения втулки.



Рисунок 1.2 − Пользовательский интерфейс программы «Лекало» для построения втулки

**2 Описание предмета проектирования**

Бокал − изделие, предназначенное для употребления напитков, выполненное в виде вытянутой чаши на высокой ножке с круглой подставкой.

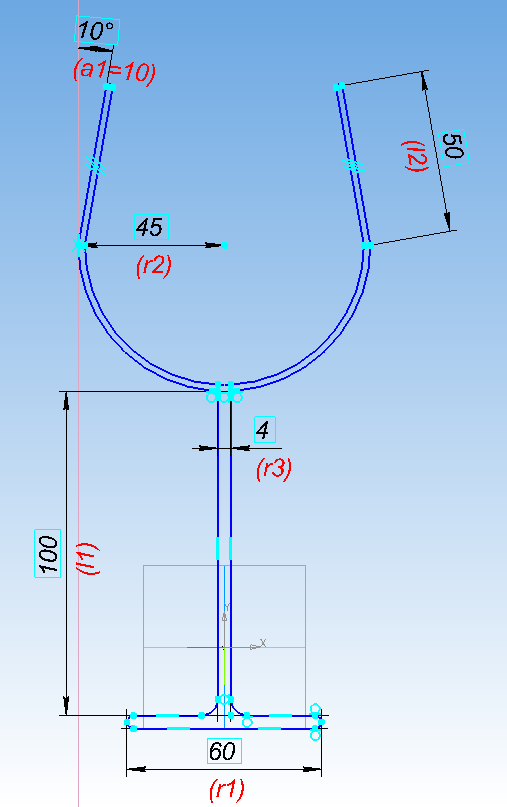


Рисунок 2.1 − Модель бокала.

***Изменяемые параметры для предмета проектирования*** (также все обозначения показаны на рисунке 2.1):

− Высота ножки бокала l1 (75 − 150мм);

− Высота стенки бокала l2 (0 − 100мм);

− Радиус основания бокала r1 (не может быть меньше 2/3 радиуса чаши бокала r2);

− Радиус чаши бокала r2 (30 − 60мм);

− Радиус ножки бокала r3 (1 − 4мм);

− Угол наклона стенки бокала a1 (не может быть отрицательным и должно выполняться условие: sin(a1)\*l1 <= (r2)/2);

**3 Проект системы**

**3.1 UML диаграмма классов**

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.[6]

UML диаграмма классов для плагина «Бокал» представлена на рисунке 3.1.

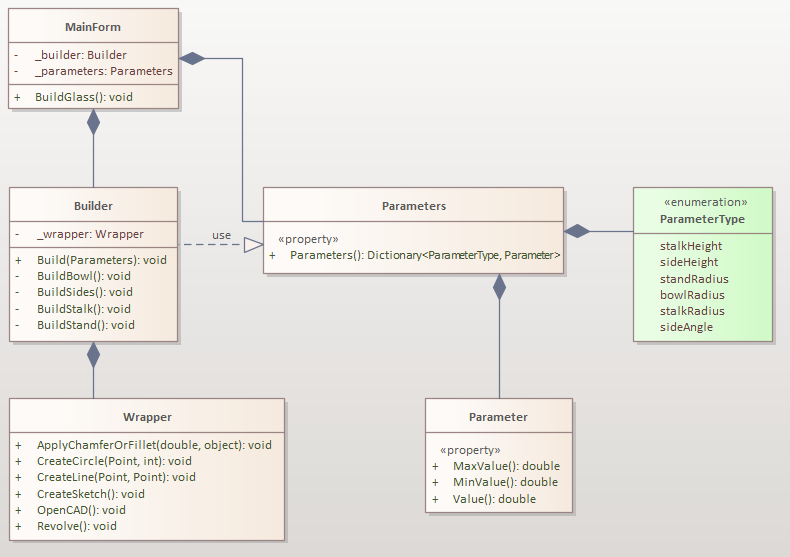


Рисунок 3.1 – UML диаграмма классов для плагина «Бокал»

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

Таблица 3.1 – Поля класса MainForm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_builder | Builder | Хранит объект построения |
| \_parameters | Parameters | Хранит параметры объекта построения |

Таблица 3.2 – Методы класса MainForm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип возвращаемых данных | Описание |
| BuildGlass | void | Построение модели |

Таблица 3.3 – Поля класса Builder

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_wrapper | Wrapper | Хранит объект объект обертки API |

Таблица 3.4 – Методы класса Builder

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| Build | Parameters | void | Последовательное построение всех частей модели |
| BuildBowl | - | void | Построение чаши |
| Build Sides | - | void | Построение стенок |
| Build Stalk | - | void | Построение ножки |
| SuildStand | - | void | Построение основания |

Таблица 3.5 – Методы класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| Parameters | Dictionary<ParameterType, Parameter> | Хранит словарь с параметрами объекта построения |

Таблица 3.6 –Методы класса Parameter

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| MaxValue | double | Максимальное значение параметра |
| MinValue | double | Минимальное значение параметра |
| Value | double | Значение параметра |

Таблица 3.7 – Методы класса Wrapper

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых данных | Описание |
| ApplyChamferOrFillet | double, object | void | Применение скругления или фаски |
| CreateCircle | Point, int | void | Создание окружности |
| CreateLine | Point, Point | void | Создание линии |
| CreateSketch | - | void | Создание эскиза |
| OpenCAD | - | void | Открытие CAD системы |
| Revolve | - | void | Операция вращения |

На рисунке 3.2 и 3.3 представлены макет пользовательского интерфейса, а также валидация введенных значений, при котором пользователь вводит значение являющимся некорректным.

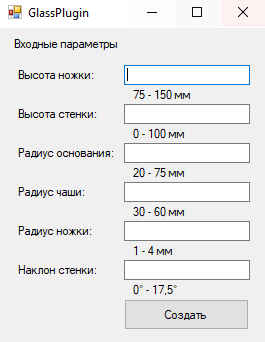


Рисунок 3.2 − Макет пользовательского интерфейса

При задании параметра значение, введенное в TextBox сначала проверяется на верный тип данных, а именно double, при помощи метода MainValidate() в MainForm. Далее MainValidate вызывает метод AddValueToParameter() в переменной Parameters \_parameter для добавления значения в словарь \_parametersDict. Метод AddValueToParameter() вызывает Set для свойства Value(), задает новое значение. Метод Validate() класса Parameter вызывается в сеттере свойства Value().

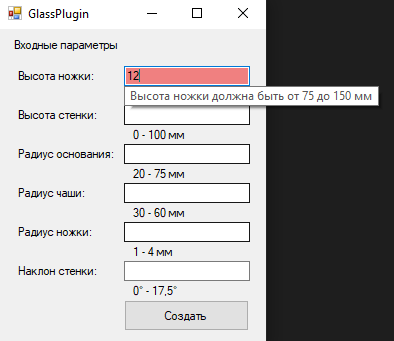


Рисунок 3.3 – Реакция системы на ошибки в введенных параметрах

**4 Список источников**

1. КОМПАС-3D [Электронный ресурс]. − Режим доступа <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения 10.10.2025)
2. API [Электронный ресурс]. − Режим доступа <https://habr.com/ru/articles/464261/> (дата обращения 11.10.2025)
3. Teapot Plugin [Электронный ресурс]. − Режим доступа <https://github.com/kurocha/teapot> (дата обращения 14.10.2025)
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: 14.10.2025)
5. UML [Электронный ресурс]. − Режим доступа <https://www.uml> diagrams.org/ (дата обращения 14.10.2025)