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 «СВЕРЛО»**

**ДЛЯ «КОМПАС-3D»**

По дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОРСАПР)

Выполнил:

студент гр. 582–1

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Юрьев А.А.

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

Руководитель:

к.т.н, доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Калентьев А.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025г.

Томск 2025

**2. ОПИСАНИЕ САПР**

2.1. Информация о выбранной САПР

2.1.1. Краткое описание САПР

KОМПАС-3D V23 –это отечественная трёхмерная САПР, являющаяся флагманским продуктом компании «АСКОН». Её ключевое преимущество –полная ориентация на российские стандарты проектирования (ГОСТы, ЕСКД). Основные возможности данной системы охватывают весь цикл проектирования. Она позволяет осуществлять параметрическое трёхмерное моделирование, создавая модели деталей и сложных сборок, которыми можно легко управлять через изменение параметров. На основе созданных 3D-моделей система автоматически генерирует ассоциативные чертежи, спецификации и ведомости материалов, которые соответствуют всем требованиям ЕСКД [1].

Выбор именно этой САПР обусловлен следующими причинами:

1. Доступность. Разработчик инженерного программного обеспечения «АСКОН» предоставляет бесплатную учебную версию ПО, которая содержит все необходимые функции для проектирования.

2. Полная локализация. Программное обеспечение изначально разработано на русском языке, включая интерфейс, справку и всю нормативно-справочную базу (ГОСТы, ЕСКД).

2.1.2. Аналоги выбранной САПР

1. SOLIDWORKS – система трёхмерного твердотельного параметрического моделирования, разработанная компанией Dassault Systèmes (Франция). Является прямым функциональным аналогом Kompas-3D, использующим схожую логику построения моделей на основе эскизов и дерева построения. Ключевое отличие заключается в ориентации на международные стандарты проектирования (ISO, ANSI, DIN), в то время как Kompas-3D изначально адаптирован под российские стандарты (ГОСТ, ЕСКД).

2. Autodesk Inventor – САПР от компании Autodesk, предназначенная для комплексного проектирования промышленных изделий и создания цифровых прототипов. Как и SOLIDWORKS, является прямым аналогом Kompas-3D, но обладает уникальным интерфейсом и собственной логикой работы с моделями. Система также ориентирована на международные стандарты, а её сильной стороной является глубокая интеграция с другими продуктами Autodesk для организации сквозного проектного процесса.

2.2. Описание API

SDK (Software Development Kit) КОМПАС-3D – это набор инструментальных средств и библиотек, предназначенных для прикладных программистов. Он позволяет создавать собственные приложения, автоматизировать проектные задачи, разрабатывать библиотеки конструктивов и целые модули для расширения функциональности системы КОМПАС-3D [2].

Для интеграции API КОМПАС-3D в проект необходимо выполнить следующие шаги:

1. Копирование необходимых DLL-файлов: KAPITypes.dll, Kompas6API5.dll, Kompas6Constants.dll, Kompas6Constants3D.dll, KompasAPI7.dll;
2. Подключение скопированных DLL-файлов к проекту, добавив их в раздел «Ссылки»;
3. Импортирование DLL-файлов в пространство имён файла, где планируется использование функционала API.

Для работы с системой через API необходимо получить основной объект приложения. В C# для этого нужно создать экземпляр объекта типа KompasObject, используя либо метод GetActiveObject для подключения к уже запущенному экземпляру КОМПАС-3D, либо Activator.CreateInstance для запуска нового экземпляра приложения. После успешного подключения вы можете управлять видимостью главного окна через установку свойства kompas.Visible = true.

Таблица 2.1 – Интерфейсы используемые при разработке

|  |  |
| --- | --- |
| Интерфейс | Описание |
| 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 |
| ksCylindricSpiralDefinition | Интерфейс параметров цилиндрической спирали |
| ksCircularCopyDefinition | Интерфейс операции копирования по окружности |
| ksChamferDefinition | Интерфейс параметров фаски |
| ksEntityCollection | Интерфейс массива объектов модели |

Таблица 2.2 – используемые свойства KompasObject

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| Visible | bool | Свойство, отражающее видимость окна КОМПАС-3D |

Таблица 2.3 – используемые методы KompasObject

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип данных | Описание |
| Document3DI | ksDocument3D | Получить указатель на интерфейс документа трехмерной модели |

Таблица 2.4 – используемые методы ksEntity

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип данных | Описание |
| GetDefinition | IDispatch | Получить указатель на интерфейс параметров объекта |
| Create | bool | Создать объект в модели (возвращает TRUE при успехе) |

Таблица 2.5 – используемые методы ksDocument2D

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| ksCircle | double x, y – центр,  double r – радиус | int | Создает окружность в эскизе |
| ksLineSeg | ­­­double x1, y1 – точка 1,  double x2, y2 – точка 2,  int style – стиль | int | Создает отрезок в эскизе |
| ksArcByAngel | double x, y – центр,  double r – радиус,  double ang1, ang2 – углы,  int direction – направление | int | Создает дугу по углам |

Таблица 2.6 – используемые методы ksSketchDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| SetPlane | ksEntity plane – указатель на плоскость | bool | Установить базовую плоскость эскиза |
| BeginEdit | ­­­­ — | bool | Войти в режим редактирования эскиза |
| EndEdit | ­­­­ — | bool | Выйти из режима редактирования эскиза |

Таблица 2.7 – используемые методы ksDocument3D

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| GetPart | init type – тип компонента | ksPart | Получить указатель на интерфейс компонента детали |

Таблица 2.8 – используемые методы ksPart

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| GetDefaultEntity | int objType – тип объекта | ksEntity | Получить указатель на интерфейс объекта по умолчанию |
| NewEntity | ­­­int objType – тип создаваемого объекта | ksEntity | Создать новый объект и получить указатель на него |

Таблица 2.9 – используемые методы ksBaseExtrusionDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| SetSideParam | bool side – направление,  short type - тип,  double depth – глубина,  double angle – угол | bool | Устанавливает параметры выдавливания |
| SetSketch | ­­­­ksEntity sketch – эскиз | bool | Устанавливает эскиз для операции |

Таблица 2.10 – используемые методы ksCylindricSpiralDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| SetCylinder | ksEntity cylinder – цилиндр | bool | Устанавливает базовый цилиндр для спирали |
| SetHeight | ­­­­double height – высота | bool | Устанавливает высоту спирали |
| SetTurn | double turn – витки | bool | Устанавливает количество витков |
| buildDir | short direction –направление | — | Направление построения спирали |
| diamType | Short type – тип диаметра | — | Тип диаметра спирали |

Таблица 2.11 – используемые методы ksCircularCopyDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| SetNum | int number – количество | bool | Устанавливает количество копий |
| SetStep | ­­­­double angel – высота | bool | Устанавливает угловой шаг |
| SetBaseObject | ksEntity object – объект | bool | Устанавливает базовый объект |

Таблица 2.12 – используемые методы ksChamferDefinition

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| Array | — | ksEntityCollection | Получить указатель на интерфейс массива ребер и граней, на которых строится фаска |
| GetChamferParam | BOOL\* transfer – направление, double\* distance1 – первый катет, double\* distance2 – второй катет | bool | Получить параметры фаски |
| SetChamferParam | BOOL transfer – направление, double distance1 – первый катет, double distance2 – второй катет | bool | Установить параметры фаски |

Таблица 2.13 – используемые методы ksEntityCollection

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные  параметры | Возвращаемый тип данных | Описание |
| Add | ksEntity entity – добавляемый объект | bool | Добавить объект в массив |
| Clear | — | bool | Очистить динамический массив объектов |
| GetByIndex | int index – индекс | ksEntity | Получить указатель на интерфейс объекта в массиве по индексу |
| GetCount | — | int | Получить количество элементов в массиве |

2.3 Обзор аналогов плагина

Косвенным аналогом для плагина «Сверло» является лагин «Fasteners» для программы FreeCAD [3]. Для моделирования метрических болтов и гаек. И то и другое можно представить, как цилиндрические тела со сложной спиральной геометрией.

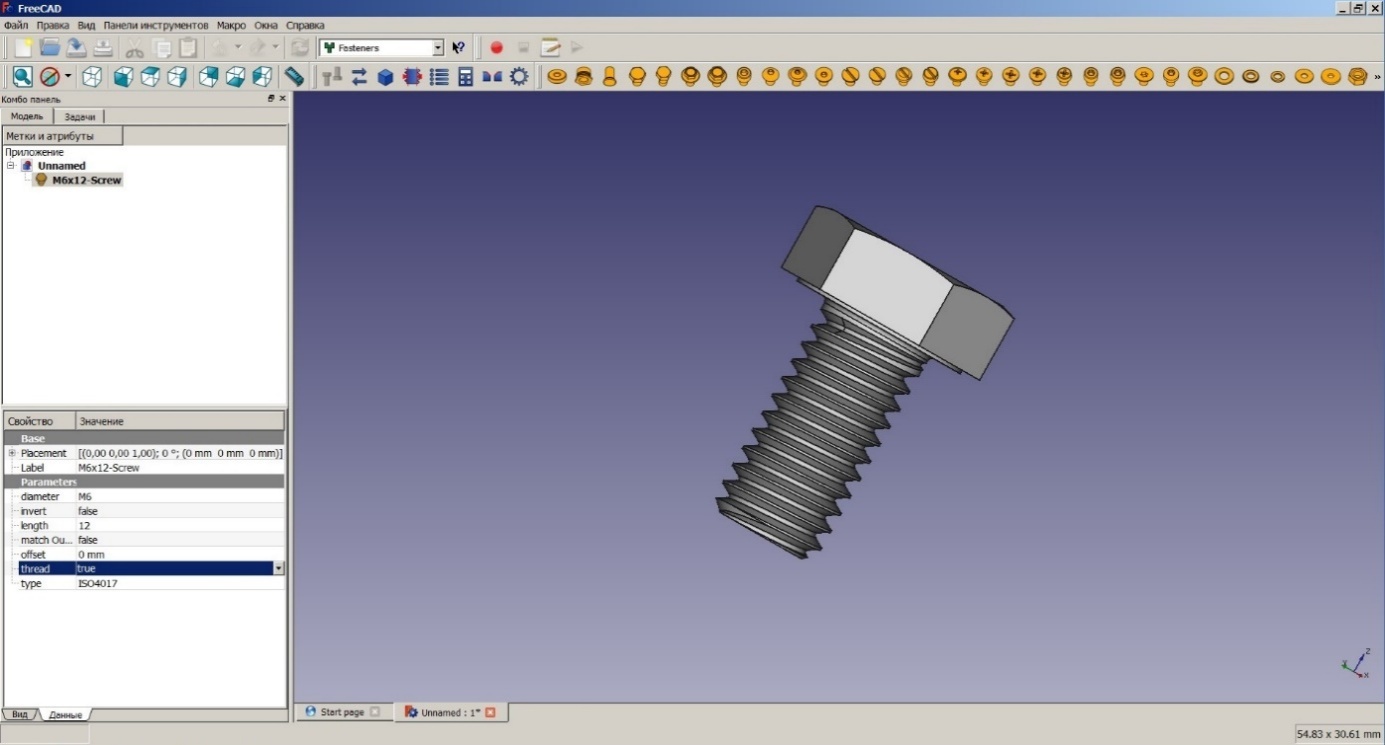


Рисунок 2.1 – Пользовательский интерфейс плагина «Fasteners»

Вторым аналогом является «Библиотека стандартных изделий» от АСКОН разработанная специально для КОМПАС-3D [4]. Она содержит параметрические модели сверл, фрез, зенковок.

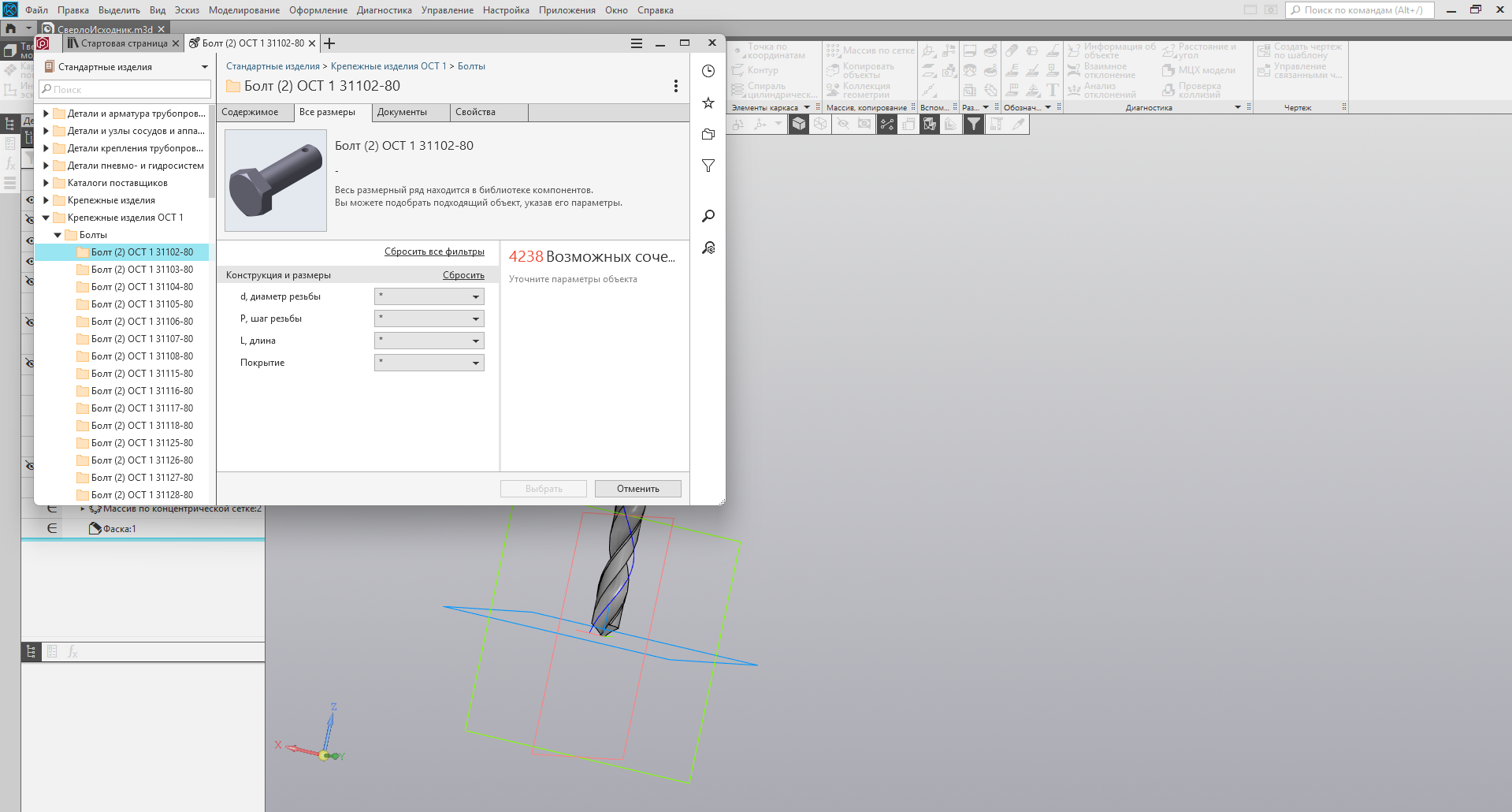


Рисунок 2.2 – Пользовательский интерфейс библиотеки стандартных инструментов

**3. ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Сверло — режущий инструмент с вращательным движением резания и осевым движением подачи, предназначенный для выполнения отверстий в сплошном материале.

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.1 – Модель сверла

Изменяемые параметры для плагина (также все обозначения показаны на рис. 2.1):

● диаметр d (1 – 80мм);

● рабочая часть l (3 × d – 16 × d мм);

● общая длина L (l + 20 – 205мм);

● угол при вершине a (90 – 140°);

● наличие обратного конуса ("Да (0,05 – 100мм)", "Нет").

**4. ПРОЕКТ СИСТЕМЫ**

4.1 Диаграмма классов

UML (Unified Modeling Language) — это унифицированный язык графического моделирования, применяемый для визуализации, спецификации, проектирования и документирования компонентов программных систем [5]. В рамках данного проекта используется диаграмма классов UML, которая отображает статическую структуру плагина: основные классы, их атрибуты, методы и взаимосвязи между ними.

UML диаграмма классов для плагина «Сверло» представлена на рисунке 4.1.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, письмо, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 4.1 – UML диаграмма классов для плагина «Сверло»

В таблица представлена информация о свойствах и методах каждого класса.

Таблица 4.1 – Поля класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_diameter | double | Диаметр сверла (1–80 мм) |
| \_length | double | Длина рабочей части, вычисляемая по формуле 3×d–16×d мм |
| \_totalLength | double | Общая длина сверла l + 20 – 205 мм |
| \_angel | double | Угол при вершине (90–140°) |
| \_clearanceCone | boolean | Наличие обратного конуса (true/false) |
| \_coneValue | double | Значение обратного конуса (0,05–100 мм) |

Таблица 4.2 – Свойства класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| Diameter | double | Свойство, отвечающее за диаметр |
| Length | double | Свойство, отвечающее за длину рабочей части |
| TotalLength | double | Свойство, отвечающее за общую длину сверла |
| Angel | double | Свойство, отвечающее за угол при вершине |
| ClearanceCone | boolean | Свойство, отвечающее за наличие обратного конуса |
| ConeValue | double | Свойство, отвечающее за значение обратного конуса |

Таблица 4.3 – Методы класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Описание |
| ValidateAngel | double a | Проверяет угол 90–140° |
| ValidateConeValue | double coneValue | Проверяет конус 0.05–100 мм |
| ValidateDiameter | double diameter | Проверяет диаметр 1–80мм |
| ValidateTotalLenght | double L | Проверяет L=l+20 до 205 мм |
| ValidateWorkingLenght | double l, double d | Проверяет l=3×d до 16×d |

Таблица 4.4 – Поля класса MainForm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_builder | Builder | Экземпляр класса-строителя для создания 3D-модели |
| \_parameters | Parameters | Объект параметров сверла с текущими значениями |

Таблица 4.5 – Методы класса MainForm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Описание |
| BuildModel | — | Построение 3D-модели |
| CalculateDepended | — | Расчёт зависимых параметров |
| ShowErrorMessage | string | Вывод сообщения об ошибке |

Таблица 4.6 – Поля класса Builder

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_wrapper | Wrapper | Обёртка для работы с API КОМПАС-3D |

Таблица 4.7 – Методы класса Builder

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Описание |
| Build | Parameters | Основной метод построения сверла |

Конец таблицы 4.7 – Методы класса Builder

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CreateBody | Parameters | Создание основного тела сверла |
| CreateClearanceCone | Parameters | Создание обратного конуса |
| CreateFlute | Parameters | Создание спиральных канавок |
| CreatePoint | Parameters | Формирование угла при вершине |
| CreateSpiral | Parameters | Построение спирали |

Таблица 4.8 – Поля класса Wrapper

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_document3D | ksDocument3D | Объект документа трехмерной модели КОМПАС-3D |
| \_kompas | KompasObject | Основной объект для работы с API КОМПАС-3D |
| \_part | ksPart | Объект детали или компонента модели |

Таблица 4.9 – Методы класса Wrapper

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Описание |
| ConnectCAD | — | Подключение к системе КОМПАС-3D, возвращает true при успешном подключении |
| CreateChampfer | double diameter, double distance | Создание фаски на указанном диаметре с заданным расстоянием |
| CreateCirculaPattern | ksEntity entity, int count | Создание кругового массива копий указанного элемента |
| CreateCone | double diameter, double height, double angel | Создание конической поверхности с заданными параметрами |

Конец таблицы 4.9 – Методы класса Wrapper

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CreateCylinder | double diameter, double height | Создание цилиндрического тела с указанным диаметром и высотой |
| CreateExtrusion | ksEntity sketch, double depth | Операция выдавливания эскиза на заданную глубину |
| CreateRevole | ksEntity sketch, double angle | Операция вращения эскиза вокруг оси на указанный угол |
| CreateSketchOnPlane | ksEntity plane | Создание эскиза на указанной плоскости модели |
| DrawCircle | double x, double y, double radius | Рисование окружности в эскизе с заданным центром и радиусом |
| DrawLine | double x1, double y1, double x2, double y2 | Рисование отрезка в эскизе между двумя точками |

4.2 Макет пользовательского интерфейса

На рисунке 4.2 представлен планируемый макет интерфейса плагина, который состоит из четырех основных областей.

1. Область для ввода параметров сверла **–** расположена по центру и содержит поля ввода значений параметров сверла.

2. Область с названиями параметров расположена сбоку (слева) и отображает наименования параметров, включая параметр «Обратный конус», который можно включить или выключить. При его выключении поле ввода значения из области 1 и надпись с диапазоном значений для этого параметра из области 2 исчезнут.

3. Область с возможным диапазоном значений **–** расположена сбоку (справа) и показывает допустимые диапазоны значений для каждого параметра.

4. Область управления построением **–** содержит элементы управления для запуска процесса построения 3D-модели сверла.

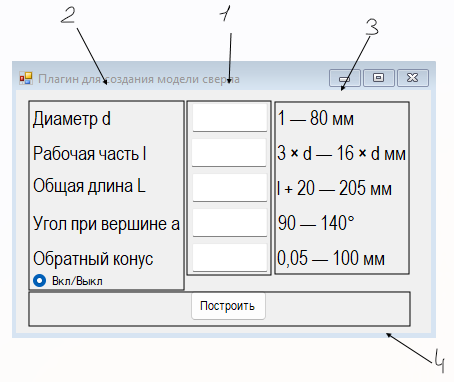


Рисунок 4.2 – Макет пользовательского интерфейса плагина

При вводе некорректных значений поле ввода будет окрашиваться в красный, а при нажатии кнопки «Построить» появится окно, информирующее пользователя о некорректности введенного значения.

**5 СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. КОМПАС-3D [Электронный ресурс]. − Режим доступа <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения 25.09.2025)
2. API [Электронный ресурс]. − Режим доступа <https://habr.com/ru/articles/464261/> (дата обращения 3.10.2025)
3. Болты, гайки, шайбы... Быстрое моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://3dtoday.ru/blogs/3dlab/bolts-nuts-washers-quick-.modeling (дата обращения: 14.10.2025)
4. «Библиотека стандартных изделий» [Электронный ресурс]. − Режим доступа https://ascon.ru/source/info\_materials/2020/Стандартные%20Изделия%20для%20КОМПАС/Стандартные\_Изделия\_для\_КОМПАС.\_Руководство\_пользователя.pdf (дата обращения 14.10.2024)
5. UML [Электронный ресурс]. − Режим доступа https://www.uml-diagrams.org/ (дата обращения 30.09.2025)