

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 «ОТВЁРТКА» ДЛЯ «КОМПАС-3D»**  
**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

по дисциплине

«Основы разработки САПР» (ОРСАПР)

Выполнил:

студент гр. 581

\_\_\_\_\_ Мирошников А.В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Проверил:

к.т.н., доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_ Калентьев А.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

Томск 2024

# 1 Описание САПР

## 1.1 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.

## 1.2 Описание API

API (аббр. от англ. application programming interface, дословно интерфейс с 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 TlbImp.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 – Используемые свойства класса (интерфейса) Application

Название	Тип данных	Описание
ActiveDocument	*ICompasDocument	Свойство, содержащее текущий активный документ
Documents	*IDocuments	Коллекция всех открытых документов в приложении
Math2D	*IMath2D	Интерфейс 2D математики

Таблица 1.2 – Используемые методы класса (интерфейса) Application

Название	Входные параметры	Тип возвращаемых данных	Описание
ExecuteCompasCommand	commandId, post	bool	Выполнение команды системы КОМПАС
MessageBoxEx	Text, caption, flags	long	Выдача всплывающего сообщения

Таблица 1.3 – Используемые свойства класса (интерфейса) IDocuments

Название	Тип данных	Описание
Item	*IKompasDocument	Документ, заданный по имени, ссылке или индексу

Таблица 1.4 – Используемые методы класса (интерфейса) IDocuments

Название	Входные параметры	Тип возвращаемых данных	Описание
Add	Type, Visible	*IKompaDocument	Создаёт новый документ
Open	PathName, Visible, ReadOnly, LoadCOmbinationIndex	*IKompaDocument, null	Открывает документ (существующий)

Таблица 1.5 – Используемые свойства класса (интерфейса) IProcess2D

Название	Тип данных	Описание
Angle	double	Угол отклонения в градусах
X	double	Координата X
Y	double	Координата Y

Таблица 1.6 – Используемые свойства класса (интерфейса) IProcess3D

Название	Тип данных	Описание
MateConstraintsObjects	Variant	Выбранные объекты для сопряжения
Placement	*IPlacement3D	Положение объекта
TakeProcessObject	*IModelObject	Объект, создаваемый в подпроцессе

Таблица 1.7 – Используемые методы класса (интерфейса) IProcess3D

Название	Входные параметры	Тип возвращаемых данных	Описание
RunTakeCreateObjectProcess	ProcessType, TakeObject, NeedCreateTakeObj, LostTakeObj	bool	Запустить подчинённый режим создания объектов

### 1.3 Обзор аналогов плагина

Первым аналогом является приложение «Разъёмные соединения» [3] для Компас-3D, позволяющее формировать и размещать в сборке набор крепёжных элементов. Данное приложение требует оплаты дополнительной

лицензии в размере 46 400 руб (+20% НДС) и позволяет создавать болтовые и винтовые соединения, а также шайбы/гайки для соединения. Данный аналог является прямым для разрабатываемого плагина «Отвёртка». Интерфейс взаимодействия представлен на рисунке 1.1.

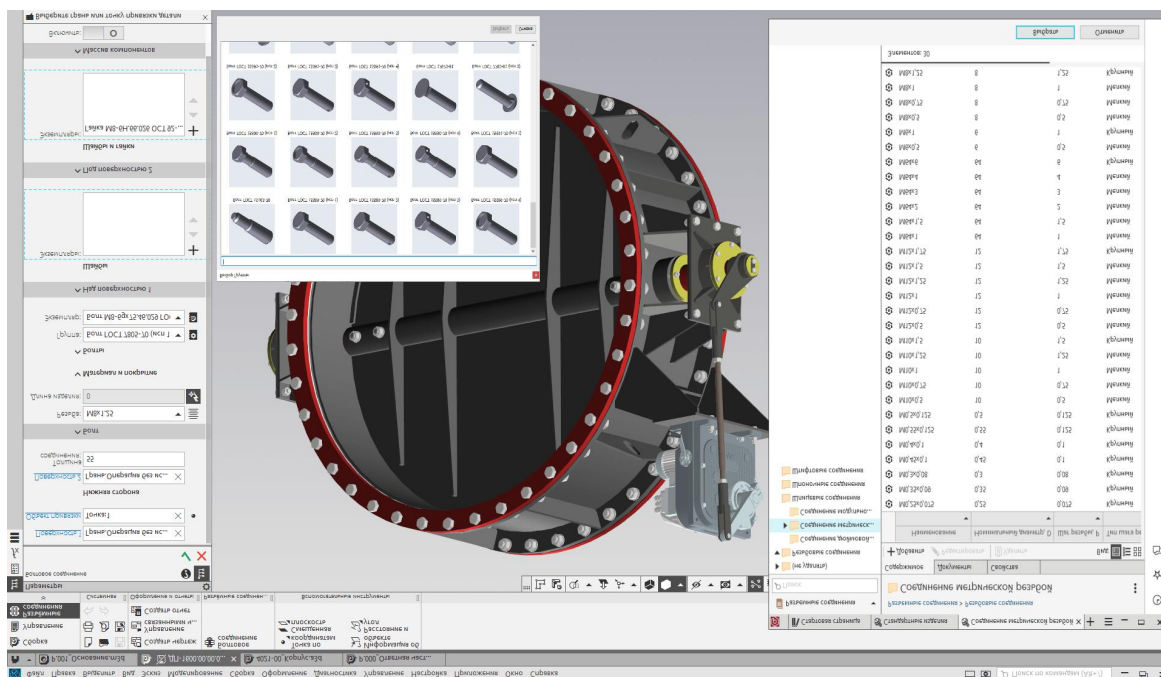


Рисунок 1.1 – Интерфейс приложения «Разъёмные соединения»

Вторым аналогом является специализированный модуль к базовому приложению Компас-3D «Валы и механические передачи 3D. Зуборезный инструмент»[4]. Модуль позволяет рассчитать и построить модели модели червячных фрез для нарезания:

- цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем (черновые и чистовые фрезы);
- цилиндрических передач Новикова с двумя линиями зацепления;
- звездочек к приводным роликовым и втулочным цепям;
- червячных колес цилиндрической червячной передачи (черновые и чистовые фрезы);

- шлицевых валов с эвольвентным профилем;
- шлицевых валов с прямобочным профилем;

Лицензия является платной (216 000 руб.). Данный аналог является прямым к плагину «Отвёртка». Пользовательский интерфейс представлен на рисунке 1.2.

Фреза червячная для цилиндрических зубчатых колёс с эвольвентным профилем

Параметры проектируемой фрезы

Тип фрезы: червячная

Припуск на чистовую обработку, мм: 0.3

Модуль, мм:  $m_n$  4

Класс точности фрезы: C

Обозначение фрезы:

Направление витков фрезы: правозаходная

Диаметр фрезы, мм:  $d_{ao}$  90 ← Нераз редактируемый параметр

Длина фрезы, мм:  $L$  92  $\approx 2H_o \cdot \text{ctg } \alpha + 4.09 \pi m_n + 2l = 98.683$

Диаметр по буртикам, мм:  $d_i$  55  $< d_{ao} - 2 \cdot H_b = 56.8$

Ширина буртика, мм:  $l$  3 ← Редактируемый параметр

Число стружечных канавок:  $z_o$  8  $\approx \frac{2\pi}{d_{ao} - 2H_b} = 7.077$

Вид канавки: винтовая

Высота зуба, мм:  $h_o$  9.626  $= 2(h_o^* + c^*) \cdot m_n$

Радиус закругления вершин, мм:  $\rho_{ao}$  1.408  $= \rho_f^* \cdot m_n$

Радиус закругления впадин, мм:  $\rho_{fo}$  1.2  $= 0.3 \cdot m_n$

Падение "затылка", мм:  $K_1$  4.5  $= 0.5 [2\pi d_{ao} \cdot \text{tg } 10^\circ / z_o]$

Задний угол на боковых режущих кромках, °:  $\alpha_{bo} = \arctg \left( \frac{K_1 - z_o}{\pi d_{ao}} \right) \sin \alpha = 3.08^\circ > 3^\circ$

Падение "затылка", мм:  $K_2$  5.5  $= (1.2 \dots 1.5) K_1 = (5.5 \dots 7)$

Передний угол зуба, °:  $\gamma$  0.00  $= 10 \dots 15^\circ$

Угол стружечной канавки, °:  $\nu$  22  $= 18 \dots 35^\circ = \{18^\circ, 22^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ\}$

Глубина стружечной канавки, мм:  $H_k$  16.6  $= h_o + \frac{K_1 + K_2}{2} + l_k$

Радиус закругления стружечной канавки, мм:  $r_k$  2  $= 0.5 \left[ \frac{2\pi(d_{ao} - 2H_b)}{10z_o} \right]$

Доля шлифованной части зуба:  $k_{ш}$  0.5  $= (0.5 \dots 0.8)$

Формулы расчета параметров фрезы

Флюс на буртиках

Ширина, мм:  $c_1$  0

Угол, °:  $\alpha_1$  0

Скругление буртика-фрезы

Радиус, мм:  $r_2$  0.00

Зубчатое колесо

Модуль, мм:  $m_n$  4

Число зубьев:  $z$  30

Исходный контур: 1 ГОСТ Р 50531-93

Степень точности: 7-C

Угол наклона зубьев, °:  $\beta$   $0^\circ 00' 00''$

Диаметр вершин зубьев, мм:  $d_a$  128

Делительный диаметр, мм:  $d$  120

Диаметр впадин зубьев, мм:  $d_f$  110.374

Ширина венца, мм:  $b$  20

Параметры исходного контура

Угол наклона профиля:  $\alpha = 25^\circ$

Коэффициент высоты головки:  $h_a^* = 1$

Коэффициент высоты ножки:  $h_f^* = h_a^* + c^*$

Коэффициент сжатия высоты:  $h_f^* = 2 \cdot h_a^*$

Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой:  $\rho_f^* = 0.352079$

Коэффициент радиального зазора

Выбор типа передачи доступен, если расчет фрезы выполняется впервые и расчет передачи не производился или не загружался

Тип передачи: Цилиндрическая внешняя зацепления

Запуск расчета

Отрисовка размеров фрезы

Рисунок 1.2 – Интерфейс приложения «Валы и механические передачи 3D. Зуборезный инструмент»

## 2 Описание предмета проектирования

Отвёртка – ручной слесарный и столярный монтажный инструмент, предназначенный для завинчивания и отвинчивания крепёжных изделий с резьбой.[5]

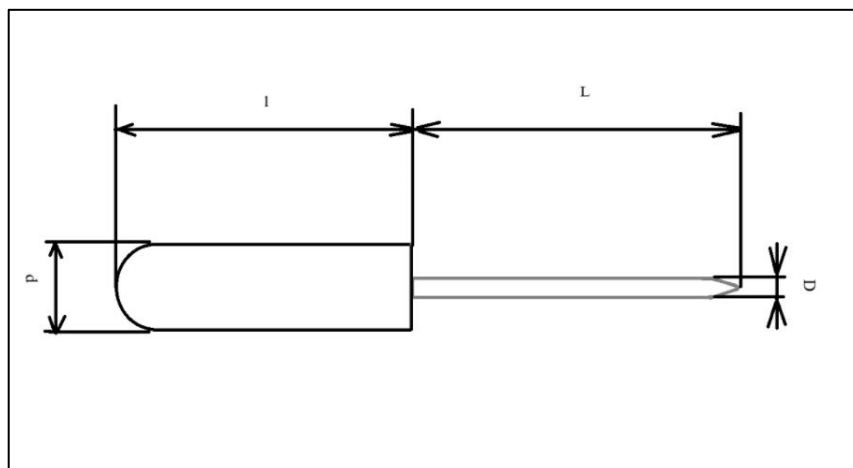


Рисунок 2.1 – Модель отвёртки

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

- Длина ручки отвёртки  $l$  (45-150мм);
- Длина наконечника отвёртки  $L$  (45-500мм, но не меньше ручки);
- Диаметр наконечника отвёртки  $D$  ( $2/10$  (длины ручки+наконечника)  $\pm 2$  мм);
- Диаметр ручки  $d$  ( $1/4$  длины ручки  $\pm 5$  мм);
- Форма ручки (шестиугольная призма/цилиндрическая);
- Форма наконечника (крестообразная/плоская).



### 3 Проект системы

#### 3.1 UML диаграмма классов

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

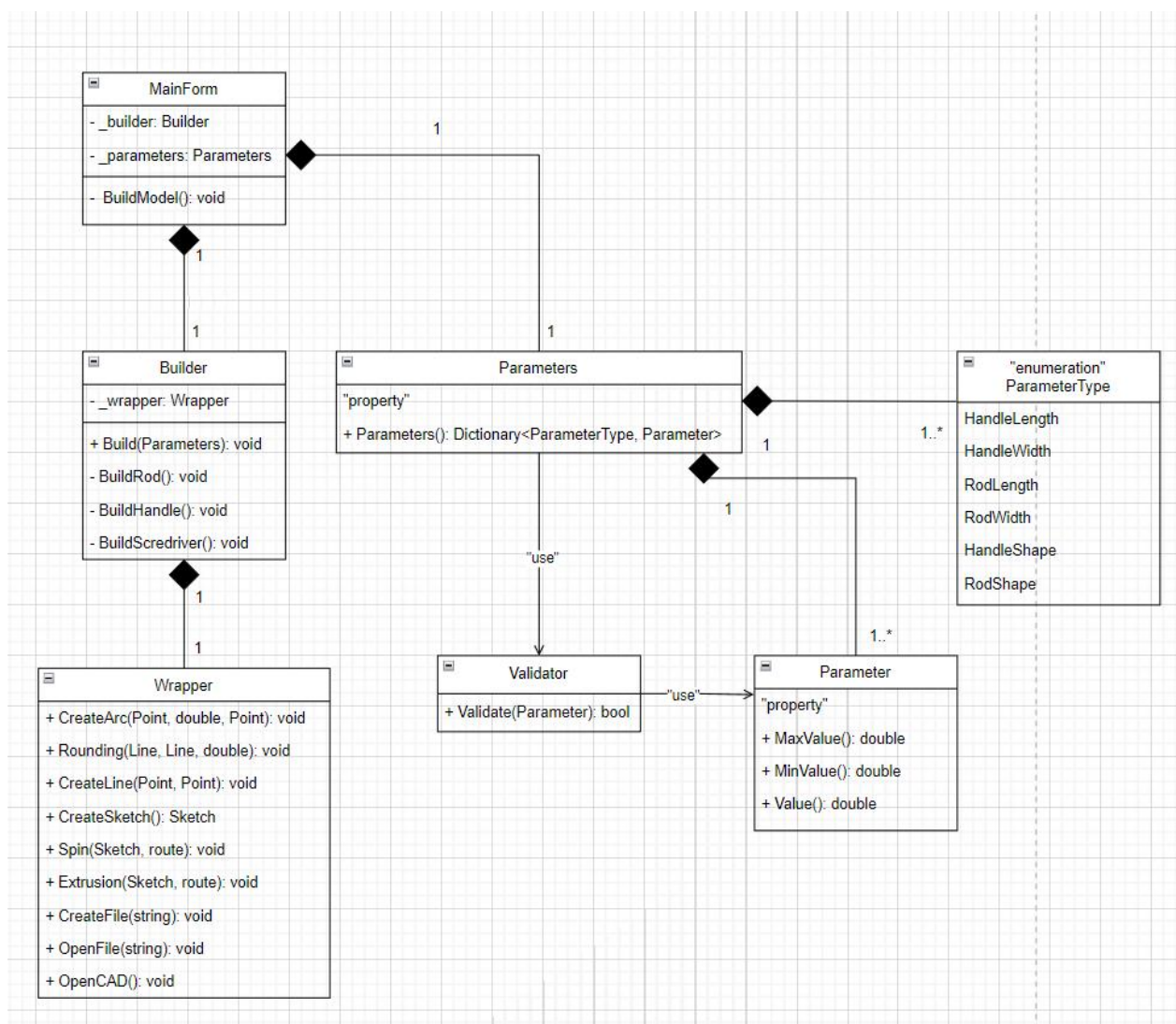


Рисунок 3.1 – UML диаграмма классов для плагина «Отвёртка»

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

Таблица 3.1 – Свойства класса MainForm

Название	Тип данных	Описание
_builder	Builder	Хранит в себе объект построения
_parameters	Parameters	Хранит в себе параметры для объекта построения

Таблица 3.2 – Методы класса MainForm

Название	Входные параметры	Тип возвращаемых данных	Описание
BuildModel	—	—	Запуск построения модели по заданным параметрам

Таблица 3.3 – Свойства класса Parameters

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

Таблица 3.4 – Свойства класса Builder

Название	Тип данных	Описание
_wrapper	Wrapper	Хранит в себе объект обёртки API

Таблица 3.5 – Методы класса Builder

Название	Входные параметры	Тип возвращаемых данных	Описание
Build	Parameters	—	Построение модели по заданным параметрам
BuildRod	—	—	Построение стержня отвёртки
BuildHandle	—	—	Построение ручки отвёртки
BuildScredri ver	—	—	Построение наконечника отвёртки

Таблица 3.6 – Свойства класса Parameter

Название	Тип данных	Описание
MaxValue	double	Максимально допустимое значение параметра
MinValue	double	Минимально допустимое значение параметра
Value	double	Значение параметра

Таблица 3.7 – Методы класса Wrapper

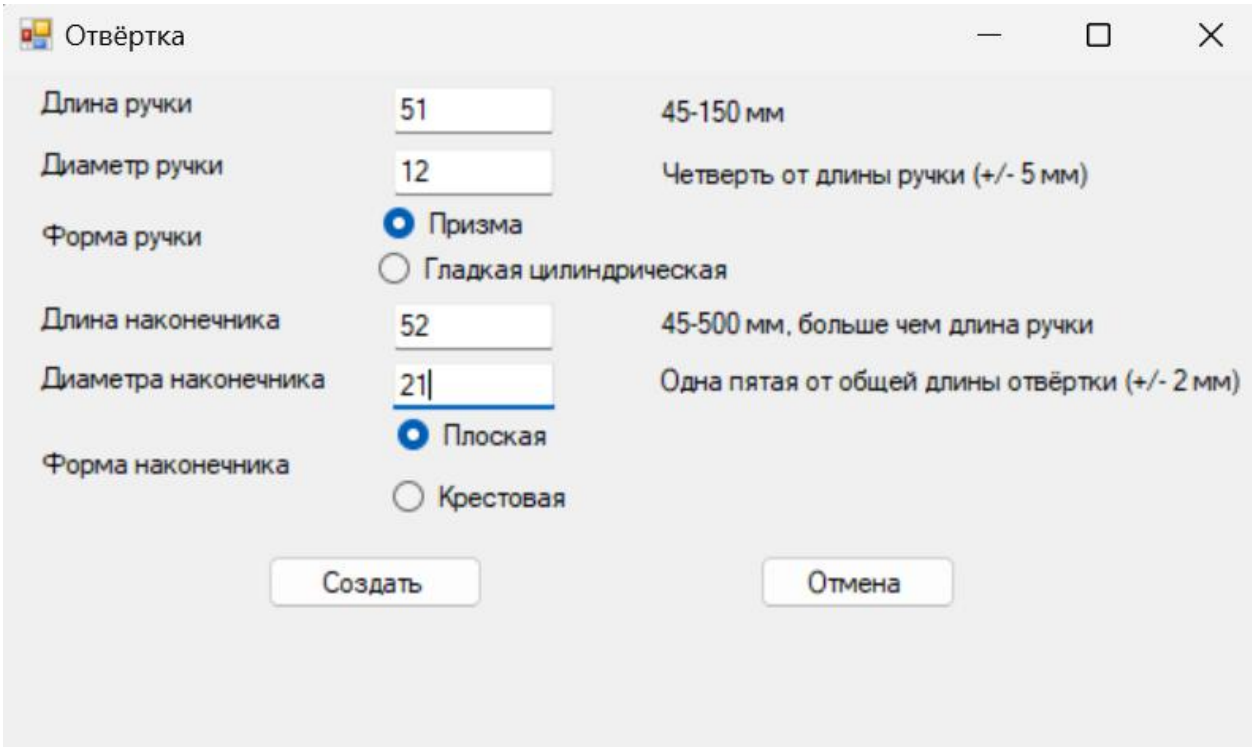
Название	Входные параметры	Тип возвращаемых данных	Описание
CreateArc	Point, double, Point	—	Создание дуги по двум точкам
Rounding	Line, Line, double	—	Скругление
CreateLine	Point, Point	—	Создание линии
CreateSketch	—	—	Создание эскиза
Spin	Sketch, route	—	Вращение эскиза
Extrusion	Sketch, route	—	Выдавливание эскиза
CreateFile	string	—	Создание файла
OpenFile	string	—	Открытие файла
OpenCAD	—	—	Открытие Компас3D

Таблица 3.7 – Методы класса Validator

Название	Входные параметры	Тип возвращаемых данных	Описание
Validate	Parameter	bool	Проверка правильности значения

### 3.2 Макеты пользовательского интерфейса

На рисунках 3.2 и 3.3 представлены макет пользовательского интерфейса, а также валидация введённых значений.

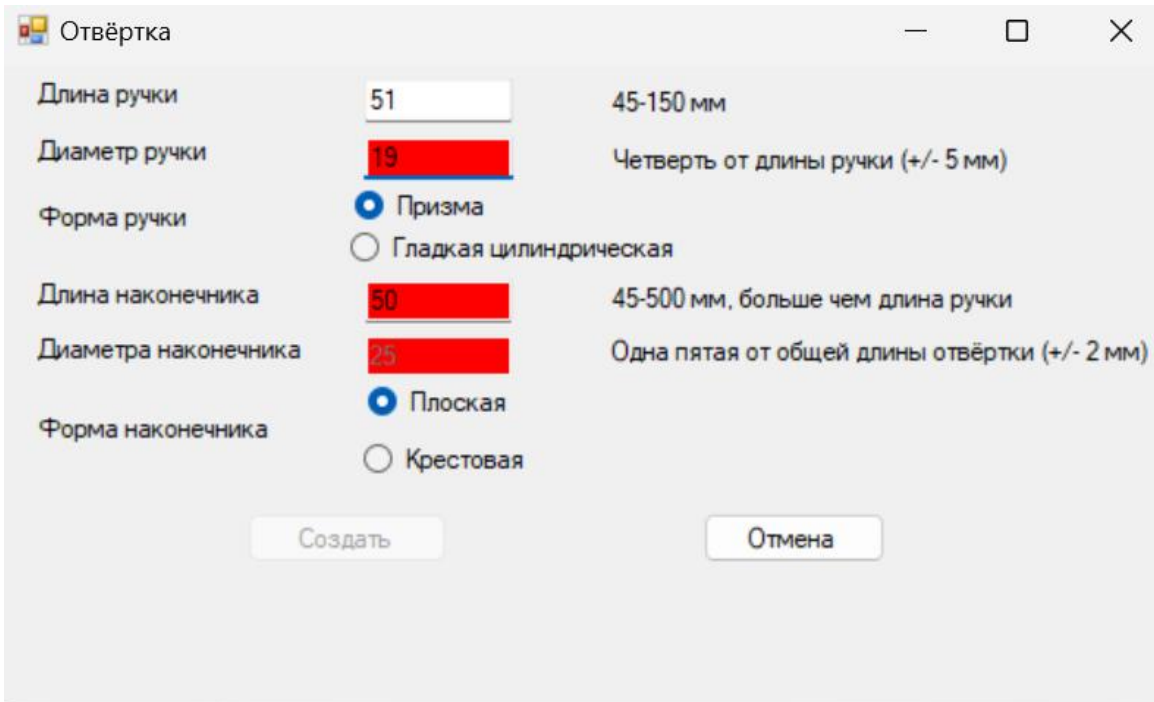


The screenshot shows a window titled "Отвёртка" (Screwdriver) with the following fields and values:

Параметр	Введённое значение	Диапазон / Описание
Длина ручки	51	45-150 мм
Диаметр ручки	12	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма ручки	<input checked="" type="radio"/> Призма	<input type="radio"/> Гладкая цилиндрическая
Длина наконечника	52	45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника	21	Одна пятая от общей длины отвёртки (+/- 2 мм)
Форма наконечника	<input checked="" type="radio"/> Плоская	<input type="radio"/> Крестовая

Buttons: Создать, Отмена

Рисунок 3.2 – Макет пользовательского интерфейса



The screenshot shows the same window as Figure 3.2, but with validation errors highlighted in red:

Параметр	Введённое значение	Диапазон / Описание
Длина ручки	51	45-150 мм
Диаметр ручки	19	Четверть от длины ручки (+/- 5 мм)
Форма ручки	<input checked="" type="radio"/> Призма	<input type="radio"/> Гладкая цилиндрическая
Длина наконечника	50	45-500 мм, больше чем длина ручки
Диаметра наконечника	25	Одна пятая от общей длины отвёртки (+/- 2 мм)
Форма наконечника	<input checked="" type="radio"/> Плоская	<input type="radio"/> Крестовая

Buttons: Создать, Отмена

Рисунок 3.3 – Реакция системы на ошибки в введённых параметрах

#### 4 Список источников

1. КОМПАС-3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения 28.09.2024)
2. API [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki/API> (дата обращения 28.09.2024)
3. Разъёмные соединения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/threaded-connection/> (дата обращения 05.10.2024)
4. Валы и механические передачи 3D. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/gear-cutting/> (дата обращения 05.10.2024)
5. Отвёртка [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%82%D0%B2%D1%91%D1%80%D1%82%D0%BA%D0%B0> (дата обращения 20.09.2024)