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 «Табурет» для САПР «КОМПАС-3D v21»

Пояснительная записка по дисциплине «Основы разработки САПР»

Выполнил:

студент гр.581

\_\_\_\_\_\_\_\_\_Качаева С.А.

« 23 » декабря 2024 г.

Руководитель:

к.т.н., доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_Калентьев А. А.

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2024 г.

Томск 2024

**СОДЕРЖАНИЕ**

[Введение 3](#_Toc186051070)

[1 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ 4](#_Toc186051071)

[2 ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ 5](#_Toc186051072)

[3 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ И СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ 6](#_Toc186051073)

[4 НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАГИНА 7](#_Toc186051074)

[5 ОБЗОР АНАЛОГОВ 8](#_Toc186051075)

[6 ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ 10](#_Toc186051076)

[7 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ 20](#_Toc186051077)

[8 ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА 23](#_Toc186051078)

[8.1 Функциональное тестирование 23](#_Toc186051079)

[8.2 Модульное тестирование 28](#_Toc186051080)

[Список использованных источников 29](#_Toc186051081)

# Введение

Разработка и реализация современных технологических процессов невозможна без использования средств автоматизации. В настоящее время автоматизация – основной способ повышения производительности и эффективности труда инженерно-технических работников, занимающихся моделированием сложных устройств.

Применение автоматизации в процессе проектирования дает возможность разрабатывать все более сложные технические сооружения и оперативно адаптироваться к новым решениям и технологиям в различных областях инженерии. Это способствует значительному улучшению точности расчетов, выбору оптимальных вариантов реализации на основе детального математического анализа большинства или всех проектных вариантов с учетом технических, технологических и экономических характеристик создания и эксплуатации проектируемого объекта. Кроме того, автоматизация значительно улучшает качество конструкторской документации, существенно сокращает сроки проектирования и передачи документации в производство, а также позволяет более эффективно использовать технологическое оборудование с программным управлением [1]

Таким образом, целью данной работы является разработка плагина, автоматизирующего построение модели «Табурет» для системы автоматизированного проектирования КОМПАС 3D с помощью интегрированной среды разработки Visual Studio 2021.

# 1 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Целью работы является разработка плагина «Табурет» для системы автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС-3D v21.

У плагина должны быть изменяемые параметры: длина сиденья, ширина сиденья, толщина сиденья, высота ножек, ширина и длина ножек. Все параметры указываются в миллиметрах. Если вводимые данные некорректные, то над кнопкой «Построить» в контейнере для предупреждений появятся сообщения о том, какие параметры введены неверно, а поля для ввода, в которые ввели некорректные данные, подсветятся красным цветом.

В рамках проекта были поставлены следующие задачи:

1. Создание технического задания (23.09.2024 — 08.10.2024)
2. Создание проекта системы (09.10.2024 — 29.10.2024)
3. Реализация плагина (30.10.2024 — 10.12.2024)
4. Доработка плагина (11.12.2024 — 29.12.2024)
5. Создание пояснительной записки (11.12.2024 — 29.12.2024)

# 2 ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Табурет — предмет мебели для сидения одного человека, без спинки (в отличие от стула) и подлокотников.[8]

Параметры табурета:

- L1 – Длина сиденья: от 300 до 400 мм;

- W1 – Ширина сиденья: от 300 до 600 мм;

- T1 – Толщина сиденья: от 20 до 35 мм;

- H2 – Высота ножек: от 300 до 400 мм;

- W2 – Ширина ножек: от 25 до 35 мм;

- L2 – Длина ножек: от 25 до 35 мм.

Зависимые параметры:

- L2 = W2 – Ширина ножки равняется ее длине;

- Полная высота табурета (T1+L2) должна быть больше 330 мм.

На рисунке 2.1 представлена модель табурета с параметрами.



Рисунок 2.1 – 3D модель табурета с параметрами

В качестве дополнительной функциональности были выбраны следующие пункты:

• Добавление типов сиденья: круглая и прямоугольная;

• Добавление типов ножек: круглая и квадратная.

# 3 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ И СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ

На основе требований к техническому заданию программа выполнена на языке программирования C# в среде Microsoft Visual Studio 2021 с использованием .NET Framework, API7 для Kompas-3D.

Инструментом тестирования и создания модульных тестов был выбран тестовый фреймворк NUnit.

Для реализации пользовательского интерфейса использовалась система для построения настольных приложений Windows Forms.

# 4 НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАГИНА

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием табурета за счет автоматизированного проектирования по разным пользовательскими входными параметрами.

# 5 ОБЗОР АНАЛОГОВ

Косвенный аналог для плагина создания табуретов является программа проектирования мебели Объемник, с помощью которой можно осуществить также проектирование дизайна интерьера любого уровня сложности. Кроме того, эта программа для расчета и раскроя корпусной мебели, позволяющая не только создавать отдельные проекты, но и просчитывать их стоимость, что необходимо для профессиональной работы.

Программа Объемник представлена на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Программа Объемник

Вторым косвенным аналогом является конструктор мебели Астра. Каждый инструмент, каждая функция в программе подчинены одной цели — быстро, просто, качественно спроектировать мебель, создать чертежи деталей и вывести файлы на станки с ЧПУ, раскроить материалы и подготовить документацию для изготовления мебели. Применение программы эффективно как на небольших предприятиях, изготавливающих мебель на заказ, так и на крупных сервисных центрах, оказывающих услуги мебельщикам.

Программа Астра представлена на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2 – Программа Астра

# 6 ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Диаграмма классов определяет типы классов системы и различного рода статические связи, которые существуют между ними. На диаграммах классов изображаются также атрибуты классов, операции классов и ограничения, которые накладываются на связи между классами. Целью создания диаграммы классов является графическое представление статической структуры элементов системы.

UML диаграмма классов для плагина «Табурет» представлена на рисунке 6.1.

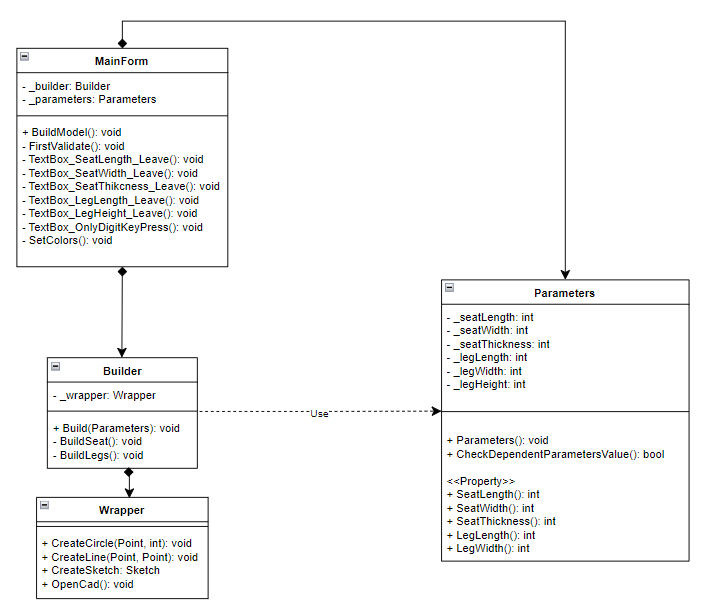


Рисунок 6.1 – UML диаграмма классов для плагина «Табурет»

В таблицах 6.1 – 6.7 представлена информация о свойствах и методов каждого класса.

Таблица 6.1 – Свойства класса MainForm

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

Таблица 6.2 – Методы класса MainForm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип возвращаемых параметров | Описание |
| BuildModel | void | Запуск построения модели по заданным параметрам |
| FirstValidate | void | Первый уровень валидации |
| TextBox\_SeatLength\_Leave() | void | Валидация введенного значения длины сиденья |
| TextBox\_SeatWidth\_Leave() | void | Валидация введенного значения ширины сиденья |
| TextBox\_SeatThickness\_Leave() | void | Валидация введенного значения толщины сиденья |
| TextBox\_LegLength\_Leave() | void | Валидация введенного значения длины ножки |
| TextBox\_LegHeight\_Leave() | void | Валидация введенного значения высоты ножки |
| TextBox\_OnlyDigitKeyPress | void | Обработчик событий, позволяющий вводить в поля только цифры |
| SetColors | void | Присваивает цвет для фона поля для ввода |

Таблица 6.3 – Свойства класса Builder

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

Таблица 6.4 – Методы класса Builder

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых параметров | Описание |
| Build | Parameters | Void | Построение модели по заданным параметрам |
| BuildSeat | - | Void | Построение сиденья табурета |
| BuildLegs | - | void | Построение ножен табурета |

Таблица 6.5 – Методы класса Wrapper

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых параметров | Описание |
| CreateCircle | Point, int | Void | Построение окружности с заданной центральной точкой и радиусом |
| CreateLine | Point, Point | Void | Создание линии по двум точкам |
| CreateSketch | - | Void | Создание эскиза |
| OpenCAD | - | coid | Открытие Компас3D |

Таблица 6.6 – Свойства класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_seatLength | int | Значение длины сиденья |
| \_seatWidth | int | Значение ширины сиденья |
| \_seatThickness | int | Значение толщины сиденья |
| \_legLength | int | Значение длины ножки |
| \_legWidth | int | Значение ширины ножки |
| \_legHeight | int | Значение высоты ножки |

Таблица 6.7 – Методы класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип возвращаемых параметров | Описание |
| Parameters | Void | Конструктор класса |
| CheckDependentParametersValue | String | Валидация зависимых значений параметров |
| SeatLength | Int | Установка значения параметра длина сиденья |
| SeatWidth | Int | Установка значения параметра ширина сиденья |
| SeatThickness | Int | Установка значения параметра толщина сиденья |
| LegLength | Int | Установка значения параметра длина ножки |
| LegWidth | Int | Установка значения параметра ширина ножки |
| LegHeight | int | Установка значения параметра высота ножки |

Классы и методы, использованные после реализации проекта, приведены на UML-диаграмме на рисунке 6.2.

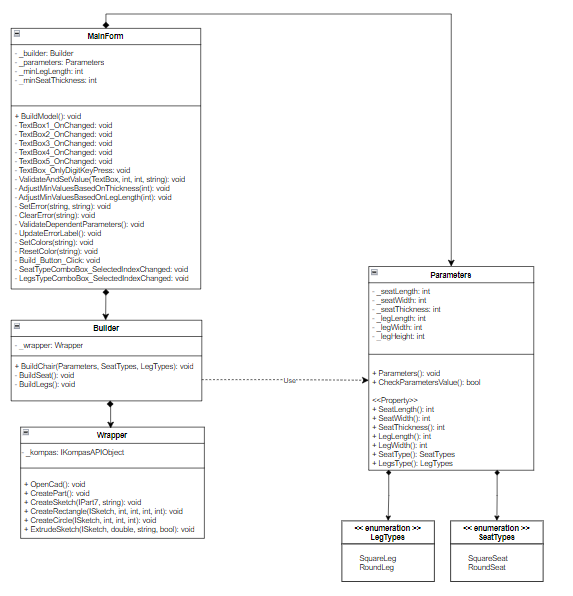


Рисунок 6.2 – UML-диаграмма после реализации проекта

В таблицах 6.8 – 6.17 представлена информация о свойствах и методах каждого класса, получившиеся после реализации проекта.

. Классы LegTypes и SeatTypes предназначены для облегчения работы с выбранными типами ножек и сиденья соответственно.

Таблица 6.8 – Свойства класса LegTypes

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| SquareLeg | enum | Квадратный тип ножек |
| RoundLeg | enum | Круглый тип ножек |

Таблица 6.9 – Свойства класса SeatTypes

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| SquareSeat | enum | Квадратный\прямоугольный тип сиденья |
| RoundSeat | enum | Круглый тип сиденья |

Свойства \_minLegLength и \_minSeatThickness динамически изменяются после ввода в поля «Толщина сиденья» и «Высота ножки» соответственно для того, чтобы указать пользователю, какое минимальное значение можно ввести.

Таблица 6.10 – Свойства класса MainForm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_builder | Builder | Хранит в себе объект построения |
| \_parameters | Parameters | Хранит в себе параметры для объекта построения |
| \_minLegLength | int | Хранит в себе минимальное возможное вводимое значение длины ножек |
| \_minSeatThickness | int | Хранит в себе минимальное возможное вводимое значение толщины сиденья |

Для обработки введенных значений было принято решение использовать свойство «OnChange» вместо свойства «Leave», чтобы валидация происходила в реальном времени, а не после переключения на другие поля для ввода.

Методы класса AdjustMinValuesBasedOnThickness и AdjustMinValuesBasedOnLegLength предназначены для расчета минимального значения длины ножек и толщины сиденья.

Методы SeatTypeComboBox\_SelectedIndexChange и LegsTypeComboBox\_SelectedIndexChange предназначены для обработки события выбора типов сиденья и ножек соответственно.

Таблица 6.11 – Методы класса MainForm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых параметров | Описание |
| BuildModel | - | void | Запуск построения модели по заданным параметрам |
| TextBox1\_OnChanged | - | void | Валидация введенного значения длины сиденья |
| TextBox2\_OnChanged | - | void | Валидация введенного значения ширины сиденья |
| TextBox3\_OnChanged | - | void | Валидация введенного значения толщины сиденья |
| TextBox4\_OnChanged | - | void | Валидация введенного значения длины ножки |
| TextBox5\_OnChanged | - | void | Валидация введенного значения высоты ножки |
| TextBox\_OnlyDigitKeyPress | - | void | Обработчик событий, позволяющий вводить в поля только цифры |
| ValidateAndSetValue | TextBox, int, int, string | void | Валидация и присваивание значений из поле для ввода в параметры |
| AdjustMinValuesBasedOn  Thickness | int | void | Регулирование минимального значения длины ножек, основываясь на толщину сиденья |
| AdjustMinValuesBasedOn  LegLength | int | void | Регулирование минимального значения толщины сиденья, основываясь на длину ножек |
| SetError | String, string | void | Указание ошибки в полях для ввода в области для предупреждений |
| ClearError | String | void | Удаление ошибки из области с предупреждениями |
| UpdateErrorLabel | - | void | Обновление списка с ошибками в поле с предупреждениями |
| ValidateDependentParameters | - | void | Валидация зависимых параметров |
| SetColors | String | void | Присваивает цвет для фона поля для ввода с некорректным значением |
| ResetColor | String | void | Возвращает полю для ввода исходный цвет |
| Build\_Button\_Click | - | void | Валидация значений параметров и построение табурета |
| SeatTypeComboBox\_  SelectedIndexChange | - | void | Обработка события выбора типа сиденья |
| LegsTypeComboBox\_  SelectedIndexChange | - | void | Обработка события выбора типа ножек |

Таблица 6.12 – Свойства класса Builder

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

В метод Build были добавлены входные параметры SeatTypes и LegTypes, чтобы плагин построил табурет в соответствии с выбранными типами сиденья и ножек.

Таблица 6.13 – Методы класса Builder

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых параметров | Описание |
| Build | Parameters, SeatTypes, LegTypes | Void | Построение модели по заданным параметрам |
| BuildSeat | - | Void | Построение сиденья табурета |
| BuildLegs | - | void | Построение ножен табурета |

Таблица 6.14 – Свойства класса Wrapper

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_kompas | IKompasAPIObject | Обертка для взаимодействия с API Kompas |

Был добавлен метод ExtrudeSketch для выдавливания эскиза.

Таблица 6.15 – Методы класса Builder

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название | Входные параметры | Тип возвращаемых параметров | Описание |
| CreateCircle | ISketch, int, int, int, int | Void | Построение окружности с заданной центральной точкой и радиусом |
| CreateRectangle | ISketch, int, int, int, int | void | Построение прямоугольника |
| CreatePart | - | Void | Создание части в 3D-документе |
| CreateSketch | IPart7, string | Void | Создание эскиза |
| ExtrudeSketch | ISketch, double, string, bool | void | Выдавливание эскиза |
| OpenCAD | - | void | Открытие Компас3D |

Свойства \_legsType и \_seatType хранят в себе выбранное значение типа ножки и сиденья соответственно.

Таблица 6.16 – Свойства класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип данных | Описание |
| \_seatLength | int | Значение длины сиденья |
| \_seatWidth | int | Значение ширины сиденья |
| \_seatThickness | int | Значение толщины сиденья |
| \_legLength | int | Значение длины ножки |
| \_legWidth | int | Значение ширины ножки |
| \_legHeight | int | Значение высоты ножки |
| \_legsType | LegTypes | Тип ножек |
| \_seatType | SeatTypes | Тип сиденья |

Таблица 6.17 – Методы класса Parameters

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип возвращаемых параметров | Описание |
| Parameters | Void | Конструктор класса |
| CheckDependentParametersValue | String | Валидация зависимых значений параметров |
| SeatLength | Int | Установка значения параметра длина сиденья |
| SeatWidth | Int | Установка значения параметра ширина сиденья |
| SeatThickness | Int | Установка значения параметра толщина сиденья |
| LegLength | Int | Установка значения параметра длина ножки |
| LegWidth | Int | Установка значения параметра ширина ножки |
| LegHeight | int | Установка значения параметра высота ножки |
| \_legsType | LegTypes | Установка типа ножек |
| \_seatType | SeatTypes | Установка типа сиденья |

# 7 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

После запуска плагина открывается макет пользовательского интерфейса. Макет представляет собой форму для ввода параметров табурета и выбора типа ножек и типа сиденья, в зависимости от которых меняются поля для ввода. На рисунке 7.1 представлен внешний вид формы при выборе круглых ножек и сиденья, на рисунке 7.2 представлен внешний вид формы при выборе прямоугольного сиденья и квадратных ножек.

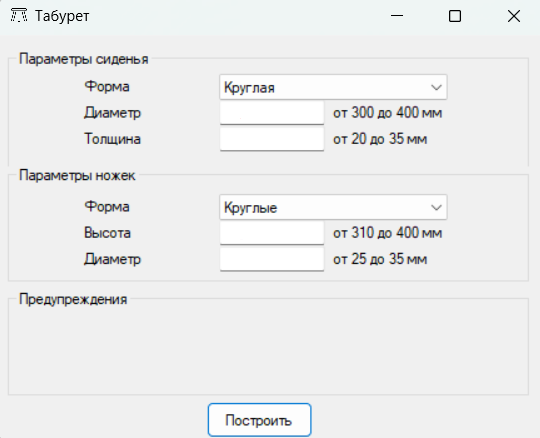


Рисунок 7.1 – Внешний вид формы при выборе круглых ножек и сиденья

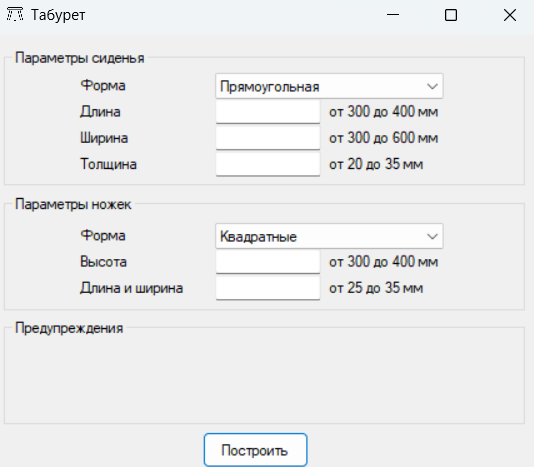


Рисунок 7.2 – Внешний вид формы при выборе прямоугольного сиденья и квадратных ножек

На рисунках 7.3-7.4 представлен внешний вид выпадающих списков при развернутом положении.

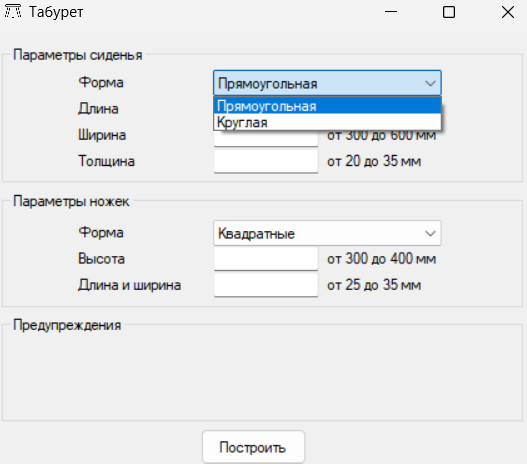


Рисунок 7.3 – Внешний вид формы с развернутым выпадающем списком с формами сиденья

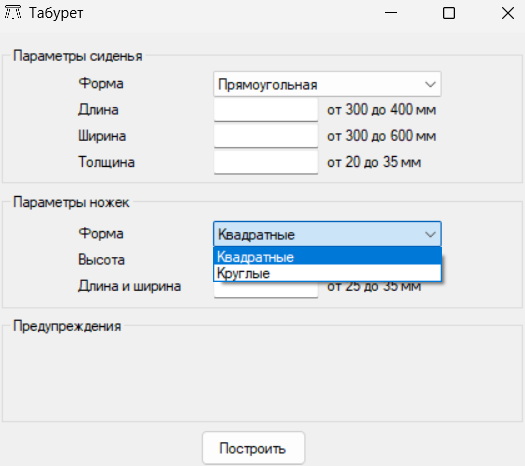


Рисунок 7.4 – Внешний вид формы с развернутым выпадающем списком с формами ножек

Интерфейс с корректно введенными данными и построенной моделью представлен на рисунке 7.5.

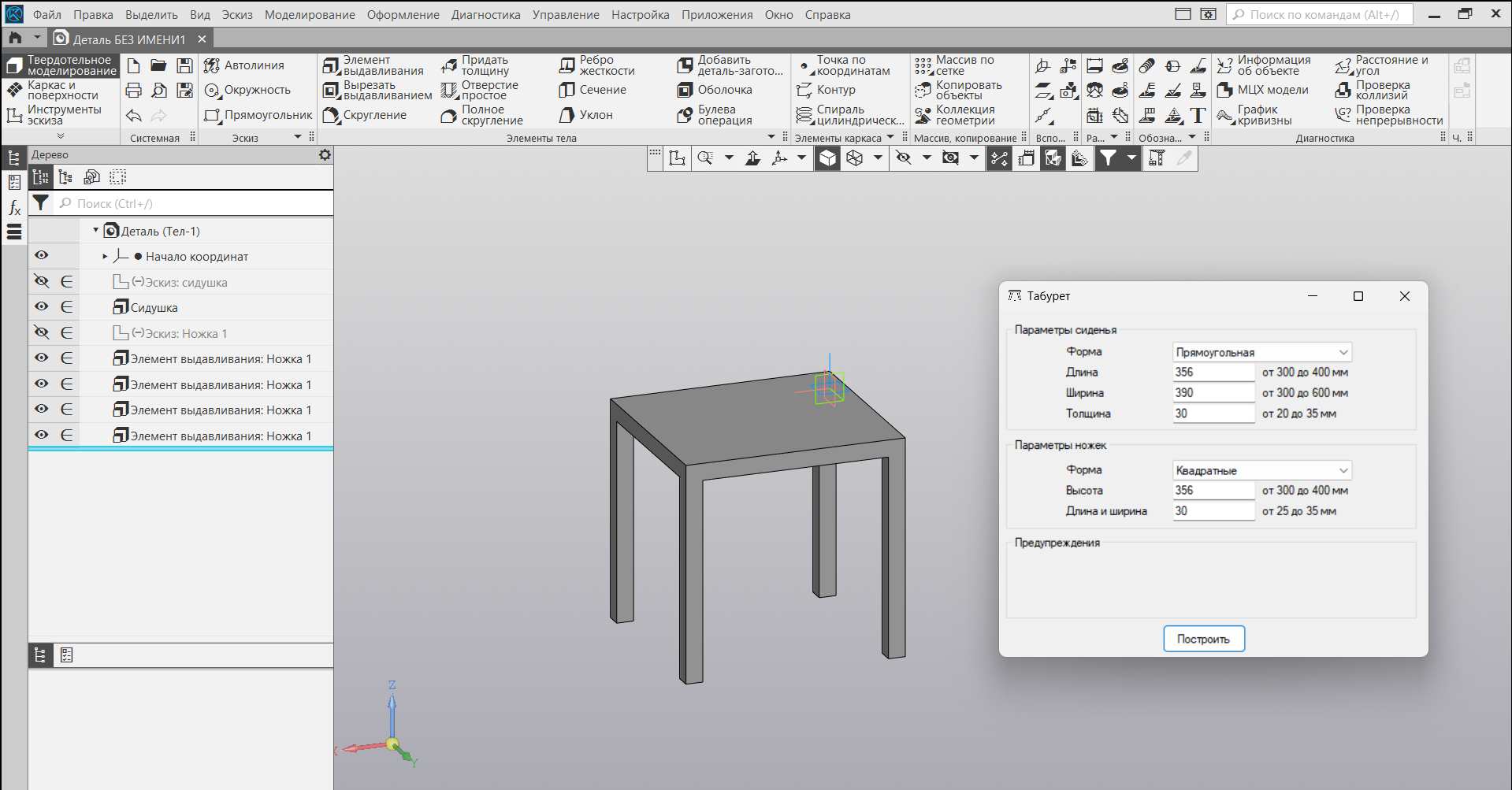


Рисунок 7.5 – Интерфейс с корректно введенными данными и построенной моделью

# 8 ТЕСТИРОВАНИЕ ПЛАГИНА

## 8.1 Функциональное тестирование

После ввода некорректных данных, например, значение параметра не входит в диапазон или поле для ввода пустое, на форме поле с некорректным параметром будет выделено красным цветом и поле «Предупреждения» заполнится строкой с ошибками, что представлено на рисунке 8.1. На рисунке 8.2 представлен вывод сообщения при введенных значениях, которые не подходят условиям зависимых параметров.

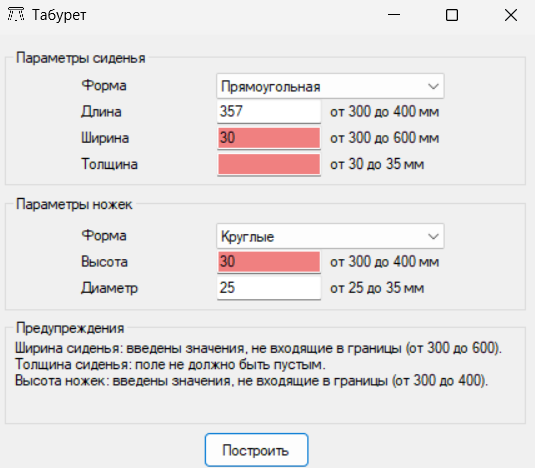


Рисунок 8.1 – Внешний вид формы при выборе прямоугольного сиденья и квадратных ножек

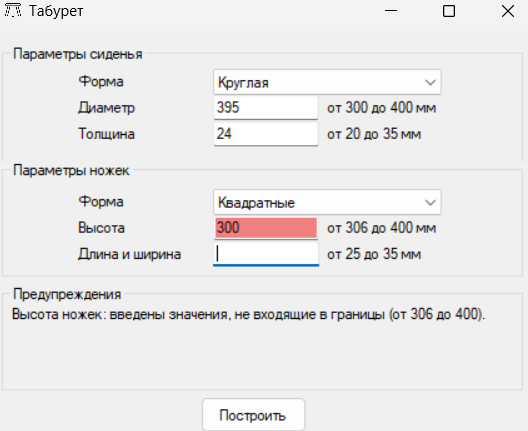


Рисунок 8.2 – Внешний вид формы с введенными значениями, не подходящими условиям зависимых параметров

В таблице 8.1 представлены значения с минимальными и максимальными параметрами для прямоугольной формы сиденья и круглой формы ножек. На рисунках 8.3 – 8.5 представлено построение модели по данным параметрам.

Таблица 8.1 – Значения с минимальными и максимальными параметрами для прямоугольной формы сиденья и круглой формы ножек

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Значения  параметров | Длина сиденья | Ширина сиденья | Толщина сиденья | Высота ножек | Диаметр ножек |
| Минимальные | 300 | 300 | 30 | 300 | 25 |
| 20 | 310 |
| Максимальные | 400 | 600 | 35 | 400 | 35 |

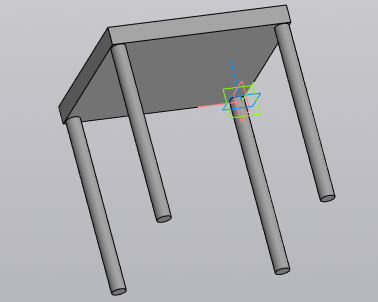


Рисунок 8.3 – Построение модели с минимальными значениями (толщина сиденья = 30, высота ножек = 300)

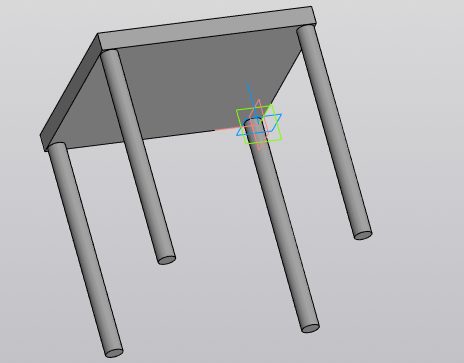


Рисунок 8.4 – Построение модели с минимальными значениями (толщина сиденья = 20, высота ножек = 310)

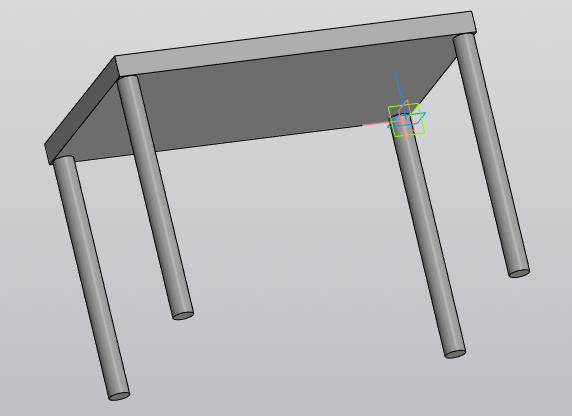


Рисунок 8.5 – Построение модели с максимальными значениями

В таблице 8.2 представлены значения с минимальными и максимальными параметрами для круглой формы сиденья и квадратной формы ножек. На рисунках 8.5 – 8.7 представлено построение модели по данным параметрам

Таблица 8.2 – Значения с минимальными и максимальными параметрами для круглой формы сиденья и квадратной формы ножек

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Значения  параметров | Диаметр сиденья | Толщина сиденья | Высота ножек | Длина и ширина ножек |
| Минимальные | 300 | 20 | 310 | 25 |
| 30 | 300 |
| Максимальные | 400 | 35 | 400 | 35 |

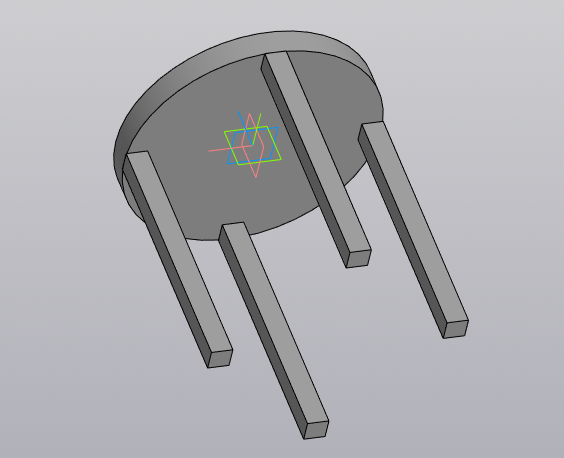


Рисунок 8.5 – Построение модели с минимальными значениями (толщина сиденья = 30, высота ножек = 300)

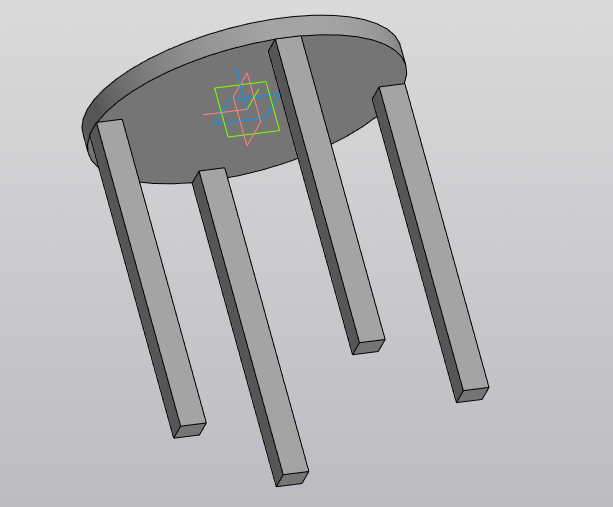


Рисунок 8.6 – Построение модели с минимальными значениями (толщина сиденья = 20, высота ножек = 310)

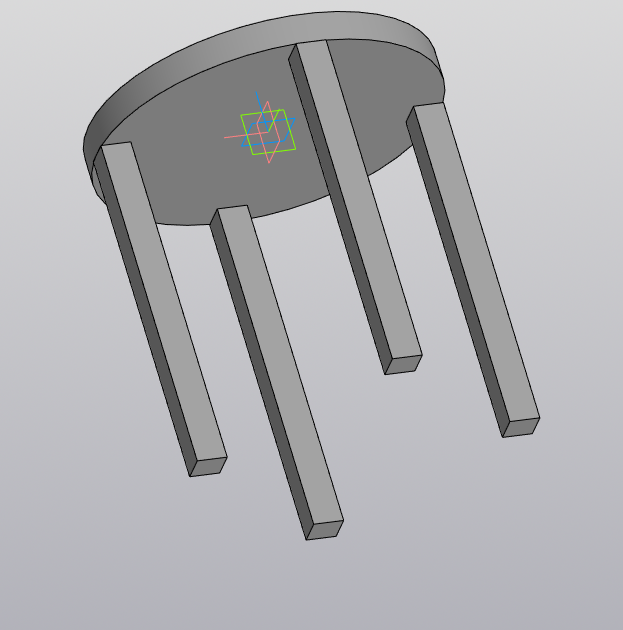


Рисунок 8.7 – Построение модели с максимальными значениями

## 8.2 Модульное тестирование

В целях проверки корректности работы методов и свойств класса Parameters при помощи фреймворка для модульного тестирования NUnit версии 3.14 было проведено модульное тестирование открытых свойств и методов. Покрытие модели тестами составило 100%, что представлено 8.8.

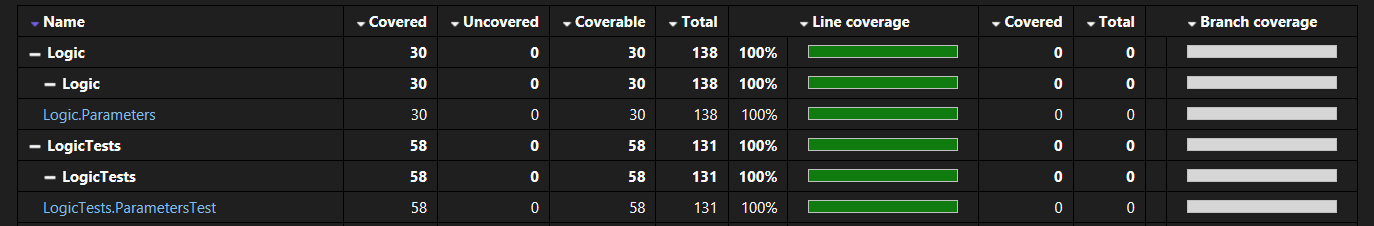


Рисунок 8.8 – Покрытие тестами класса Parameters

В таблице 8.3 представлены тесты класса Parameters.

Таблица 8.3 – Тесты класса Parameters

|  |  |
| --- | --- |
| Название | Описание |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# Список использованных источников

1. Использование системы трёхмерного моделирования в программе КОМПАС-3D – Мультиурок. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://multiurok.ru/files/ispolzovanie-sistemy-triokhmernogo-modelirovaniia.html (дата обращения: 14.10.2024).

2. Что такое API и как он работает – Skillbox [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skillbox.ru/media/code/chto_takoe_api/> 23741 (дата обращения: 04.10.2024).

3. Компонент сборки (деталь или подсборка). Интерфейсы ksPart и IPart. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://help.ascon.ru/KOMPAS\_SDK/22/ru-RU/kspart.html (дата обращения: 20.10.2024).

4. Справочная система SDK КОМПАС-3D – Российское инженерное ПО АСКОН. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://help.ascon.ru/KOMPAS\_SDK/22/ru-RU/index.html (дата обращения: 06.10.2024).

5. Kompas 8: создание прикладных библиотек – Форум программистов Vingrad. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://forum.vingrad.ru/topic-194348.html (дата обращения: 06.10.2024).

6. Программа "Объемник - мебельное предприятие" – Программа "Объемник - мебельное предприятие" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mebelsoft.org/ (дата обращения: 06.10.2024).

7. Астра Конструктор Мебели – Астра Конструктор Мебели. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://astra-km.ru/software/astra-konstruktor-mebeli/ (дата обращения: 06.10.2024).

8. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200017702?ysclid=m2hacx3pul675779226 (дата обращения: 20.10.2024).

9. Фаулер M. UML. Основы, 3-е издание. – Пер. с англ. – СПб: СимволПлюс, 2004. – 192 с.