Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

**РАЗРАБОТКА ПЛАГИНА «ЗУБИЛО» ДЛЯ САПР «КОМПАС-3D»**

Пояснительная записка к лабораторной работе

По дисциплине «Основы разработки САПР» на тему

«Построение зубила в системе КОМПАС 3D»

Студент гр.589-2

\_\_\_\_\_\_Кравченко К.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г.

Доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_Калентьев А. А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г.

Томск 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. [Введение](#_bookmark0) 3
2. Постановка и анализ задачи 4
   1. Описание САПР 4
   2. Описание предмета проектирования 9
   3. Выбор инструментов и средств реализации 11
   4. Назначение плагина 13
   5. Обзор аналогов 14
   6. Описание реализации 16
   7. Диаграмма классов 17
3. Описание программы для пользователя 23
4. Тестирование функционала 27
   1. Функциональное тестирование 27
   2. Модульное тестирование 30
   3. Нагрузочное тестирование 31
5. Заключение 34
6. Список использованных источников 35

1. **Введение**

В настоящее время проектирование в своем понимании представляет собой автоматизированный процесс и в некотором роде программно-аппаратный. Проектировщику, который занимается разработкой сложного механизма, или устройства, требующего больших расчетов, математических вычислений при построении модели и высокой точности, подходят системы автоматизации проектных решений — САПР [1].

САПР позволяют уменьшить финансовые затраты на разработку макета (модели) проекта (объекта), а также сократить время, которое тратит проектировщик на создание модели объекта и составление проектной документации.

В каждой крупной САПР есть свой средства для разработки, которые предоставляются с целью дать возможность разработчикам расширить функционал данной системы под свои конкретные нужды. Данным средством является API — программируемый интерфейс приложения [2]. Это набор готовых средств: классов, процедур, функций, структур и т.д. API позволяет определить функциональность, которую предоставляет приложение, при этом абстрагируясь от того, как она реализована.

Расширение функционала в основном подразумевает разработку плагина или библиотеки на основе предоставленного API. В данном курсовом проекте стоит задача разработки плагина для построения 3D модели болта с гайкой в автоматизированном режиме. Плагин — независимо компилируемый программный модуль, динамически подключаемый к основной программе, предназначенный для расширения или использования ее возможностей [3].

В качестве системы, которая предоставляет API и для которой стоит задача разработать плагин, была взята САПР «КОМПАС-3D» версии 21.

1. **Постановка и анализ задачи**
   1. **Описание САПР**
      1. **Описание программы**

КОМПАС-3D — система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий, благодаря сочетанию простоты освоения и легкости работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования. Ключевой особенностью продукта является использование собственного математического ядра С3D и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН. КОМПАС-3D обеспечивает поддержку наиболее распространенных форматов 3D-моделей (STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF), что позволяет организовывать эффективный обмен данными со смежными организациями и заказчиками, использующими любые CAD / CAM / CAE-системы в работе.

* + 1. **Описание API**

В КОМПАС на данный момент существуют API двух версий: API 5 и API 7. Обе версии реализуют различные функции системы и взаимно дополняют друг друга. Отсюда очевидно, что обе версии программных интерфейсов в равной мере поддерживаются и развиваются с учетом самих изменений в системе. В основном, для создания полноценных подключаемых модулей достаточно методов и свойств интерфейсов API 5.

Главным интерфейсом API системы КОМПАС является KompasObject. Получить указатель на этот интерфейс (если быть точным, на интерфейс приложения API 5) можно при работе под управлением внешнего приложения (контроллера) – после вызова стандартной системной функции. Методы этого интерфейса реализуют наиболее общие функции работы с документами системы, системными настройками, файлами, а также дают возможность получить указатели на другие интерфейсы (интерфейсы динамического массива, работы с математическими функциями, библиотек моделей или фрагментов и различных структур параметров определенного типа).

Ниже в таблице 2.1.1 представлены свойства и методы интерфейса KompasObject, которые были использованы при разработке плагина.

Таблица 2.1.1 – Методы и свойства интерфейса KompasObject, используемые при разработке плагина

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| Document3D() | ksDocument | Метод для получения указателя на интерфейс трехмерного графического документа (детали или сборки) |
| GetParamStruct(short structType) | StructType2D | Метод для получения указателя на интерфейс графического документа (чертежа или фрагмента) |
| Visible | bool | Свойство видимости приложения |
| Quit() |  | Метод для закрытия активного окна приложения КОМПАС |

В таблице 2.1.2 представлены методы интерфейса ksEntity, которые были использованы при разработке плагина.

Таблица 2.1.2 – Методы интерфейса ksEntity, используемые при разработке плагина

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| Create() | bool | Создать объект в модели |
| GetDefinition() | IUnkown | Получить указатель на интерфейс параметров объектов и элементов |
| Update() | bool | Изменить свойства объекта (используя ранее установленные свойства) |

В таблице 2.1.3 представлены свойства и методы интерфейса ksDocument2D, которые были использованы при разработке плагина.

Таблица 2.1.3 – Методы интерфейса ksDocument2D, используемые при разработке плагина

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| ksLineSeg(double x1, double y1, double x2, double y2, int style) | int | Получить указатель на отрезок на двумерной плоскости либо 0 в случае ошибки |
| ksRegularPolygon(  ksRegularPolygonParam param, int style) | int | Получить указатель на многоугольник на двумерной плоскости либо 0 в случае ошибки |
| ksRectangle(  ksRectangleParam param, int style) | int | Получить указатель на прямоугольник на двумерной плоскости либо 0 в случае ошибки |
| ksCircle(  double xc, double yc, double rad, int style) | int | Получить указатель на окружность на двумерной плоскости либо 0 в случае ошибки |

В таблице 2.1.4 представлены свойства и методы интерфейса ksDocument3D, которые были использованы при разработке плагина.

Таблица 2.1.4 – Методы интерфейса ksDocument3D, используемые при разработке плагина

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | 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 |

В таблице 2.1.5 представлены методы интерфейса ksPart, которые были использованы при разработке плагина.

Таблица 2.1.5 – Свойства и методы интерфейса ksPart, используемые при разработке плагина

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| EntityCollection(short objType) | ksEnintyCollection | Формирует массив объектов и возвращает указатель на его интерфейс |
| GetDefaultEntity(short objType) | ksEntity | Получить указатель на интерфейс объекта, создаваемого системой по умолчанию |
| GetPart(int type) | ksPart | Получить указатель на интерфейс компонента в соответствии с заданным типом |
| NewEntity(short objType) | ksEntity | Создать новый интерфейс объекта и получить указатель на него |

В таблице 2.1.6 представлены типы объектов документа-модели, которые были использованы при разработке плагина.

Таблица 2.1.6 – Некоторые типы объектов документа-модели

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Идентификатор объекта | Название объекта | Интерфейс параметров |
| o3d\_unknown | Неизвестный (включает все объекты) |  |
| o3d\_planeXOZ | Плоскость XOZ | ksPlaneParam |
| o3d\_planeYOZ | Плоскость YOZ | ksPlaneParam |
| o3d\_planeXOY | Плоскость XOY | ksPlaneParam |
| o3d\_sketch | Эскиз | ksSketchDefinition |
| o3d\_face | Грань | ksFaceDefinition |
| o3d\_baseExtrusion | Базовая операция выдавливания | ksBaseExtrusionDefinition |
| o3d\_cutExtrusion | Вырезать выдавливанием | ksCutExtrusionDefinition |
| o3d\_baseLoft | Создание элемента по сечениям | ksBaseLoftDefinition |
| o3d\_baseEvolution | Создание кинематического элемента | ksBaseEvolutionDefinition |
| o3d\_cutEvolution | Вырезать кинематический элемент | ksCutEvolutionDefinition |

* 1. **Описание предмета проектирования**

Предметом проектирования является построение 3D модели столярного зубила и зубила пики.

**Зуби́ло** (бородок) — ударно-режущий инструмент для обработки металла или камня. При сообщении **зубилу** ударного усилия со стороны бойковой части (затыльника) с помощью молотка, кувалды, бойка отбойного молотка, рубильного молотка, бетонолома или перфоратора режущая кромка **зубила** воздействует на обрабатываемый материал, разрезая его или раскалывая. **Зубило** представляет собой, в большинстве случаев, продолговатый стержень, в сечении имеющий прямоугольную, круглую, овальную или многогранную форму.

Несмотря на то, что инструмент имеет простейшую конструкцию, существует несколько его разновидностей, предназначенных для выполнения специфических задач. Существуют следующие **виды** **зубил**: «Слесарное», «Крейцмейсель», «Канавочник», «Пика», «Кузнечное».

Виды, выбранные для реализации плагина: Слесарное и Пика.

**Слесарное зубило** предназначено для создания канавок и пазов на металлических поверхностях, а также для демонтажа кирпичных или бетонных стен. Также можно снимать старую отделку, разбирать спресованное оборудование, вынимать гвозди или откручивать гайки.

**Пика**-**зубило** — **зубило** для оснастки пневматических бетоноломов, отбойных и рубильных молотков. Кузнечное **зубило** — насажено на длинную деревянную ручку подобно молотку. Это позволяет удалить держащую **зубило** руку от раскалённого металла, но может применяться и для холодной рубки. Кузнечные **зубила** могут быть и фасонными, с закруглённой режущей кромкой. Кузнечное **зубило** относится к накладному кузнечному инструменту.

На рисунке 2.2.1 представлен вид на 3D модель Слесарного зубила.

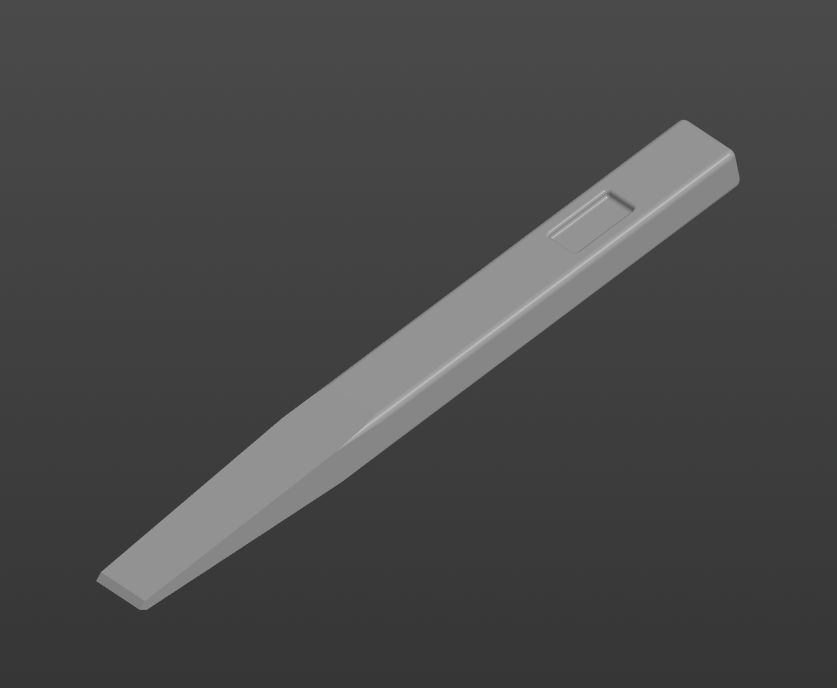


Рисунок 2.2. – Вид на 3D модель Слесарного зубила

На рисунке 2.2.2 представлен вид на 3D модель Зубила-Пики.

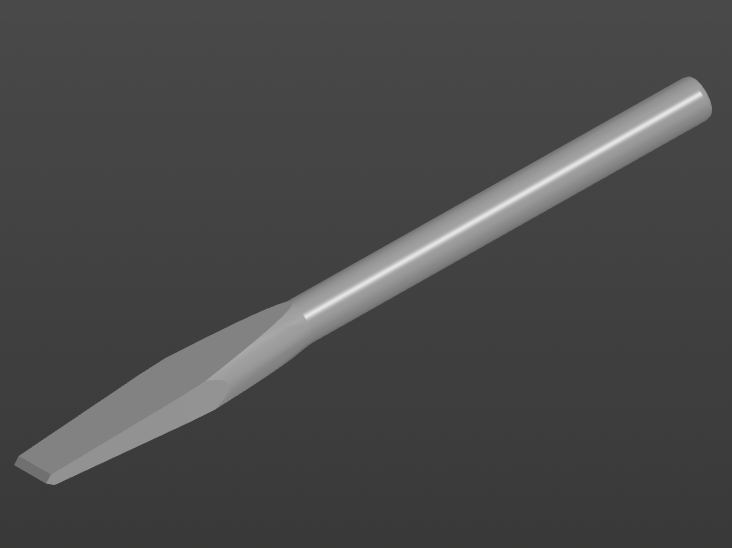


Рисунок 2.2. – Вид на 3D модель Зубила-Пики

* 1. **Выбор инструментов и средств реализации**

В рамках лабораторной работы было предоставлено задание разработать плагин автоматического построения 3D модели детали. В качестве детали были выбраны модели двух видов зубил: столярного и зубила-пики.

Для реализации полноценного плагина необходимо было построить приложение, с интерфейсом для ввода параметров построения выбранной модели, выбрать систему трехмерного моделирования, наиболее подходящую для выбранного плагина, а также интерфейс программирования приложений(API) наиболее подходящий для выбранного плагина.

1. **Среда разработки**

В качестве среды разработки была выбрана Microsoft Visual Studio 2019.

Microsoft Visual Studio — линейка продуктов компании Майкрософт, включающих интегрированную среду разработки программного обеспечения и ряд других инструментальных средств. Данные продукты позволяют разрабатывать как консольные приложения, так и приложения с графическим интерфейсом.

1. **Язык программирования**

В качестве языка программирования был выбран C#.

C# — объектно-ориентированный язык программирования.

C# относится к семье языков с C-подобным синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, свойства, обобщённые типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML.

1. **Система трехмерного моделирования**

В качестве системы моделирования был выбран КОМПАС 3D.

Система «Компас-3D» предназначена для создания трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей (в том числе, деталей, формируемых из листового материала путём его гибки) и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе проектированного ранее прототипа.

**Интерфейс программирования приложений**

В качестве API был выбран КОМПАС API.

API КОМПАС 3D это ориентированные на прикладного программиста инструментальные средства разработки приложений (библиотек конструктивов, прикладных САПР) на базе системы КОМПАС.

API КОМПАС 3D включает в свой состав 2D API и 3D API.

2D API обеспечивает доступ к системе КОМПАС для формирования и обработки двумерных графических документов.

* 1. **Назначение плагина**

Данный плагин представляет собой приложение с выбором параметров и модели зубила, с основной функцией – проектирование выбранного инструмента в соответствии заданным параметрам. Проектирование осуществляется с помощью САПР КОМПАС API. Плагин предназначен для упрощения проектировки и построения модели зубила, в приложении КОМПАС 3D.

Количество элементов построения и дерево действий над деталью показано на рисунке 2.4.

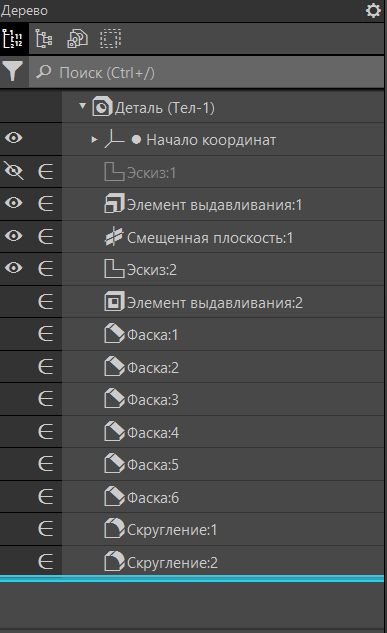


Рисунок 2.4 Элементы построения в дереве детали

Из рисунка видно, что количество произведенных действий над деталью достаточно большое, при этом у каждой имеется зависимость и допустимые значения. Поэтому в ручную построение такой детали займет гораздо больше времени.

Время построения одной детали программой – 10-15 секунд, с учетом ввода параметров и запуска приложения КОМПАС 3D, без учета – 1-2 секунды.

Время построения 100 деталей последовательно – 2 минуты 50 секунд,

500 деталей ~ 20 минут

* 1. **Обзор аналогов**

**SketchUp “OpenCutList ”**

Плагин автоматического построения 3D моделей SketchUp “OpenCutList”. SketchUp является одним из самых популярных в мире решений для создания схем и трехмерной визуализации. Приложение использует высокоскоростное параметрическое проектирование, благодаря чему возможна быстрая отрисовка сложных планов с высочайшей детализацией.

На рисунке 2.5.1 представлен пользовательский интерфейс программы «OpenCutList» для построения шкафа.



Рисунок 2.5.1 – Пользовательский интерфейс программы «OpenCutList» для построения шкафа

**Autodesk “AutoCAD”**

Autodesk AutoCAD - это коммерческое программное приложение для автоматизированного проектирования (CAD) и разработки.

AutoCAD - это программное приложение для 2D и 3D автоматизированного проектирования (CAD) и черчения - с 1982 года доступно как настольное приложение, а с 2010 года - как мобильное веб- и облачное приложение, которое в настоящее время продается как Autocad 360.

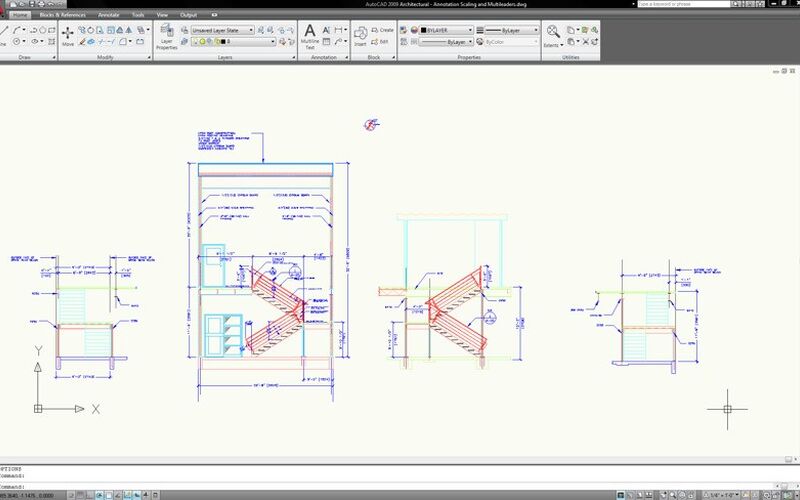


Рисунок 2.5.2 – Пользовательский интерфейс программы «Autodesk AutoCAD»

* 1. **Описание реализации**

Основой разрабатываемого плагина является корректно функционирующее окно ввода параметров, их валидация и использование. Ввод параметров осуществляется в главном окне в полях соответствующих параметров.

Валидация осуществляется с помощью отдельного класса ChiselData, которое впоследствии будет хранить значения введенных параметров.

За активацию и деактивацию приложения для моделирования, а так же создание 3D документа детали, отвечает соответствующий класс KompasConnector.

Заключительная часть программы – построение детали, осуществляемая классом Manager, работа которого в основном связана с KOMPAS API. Его задача, последовательно построить деталь от заданных параметров.

* 1. **Диаграмма классов**

Диаграмма классов для данного проекта представлена на рисунке 2.7.1

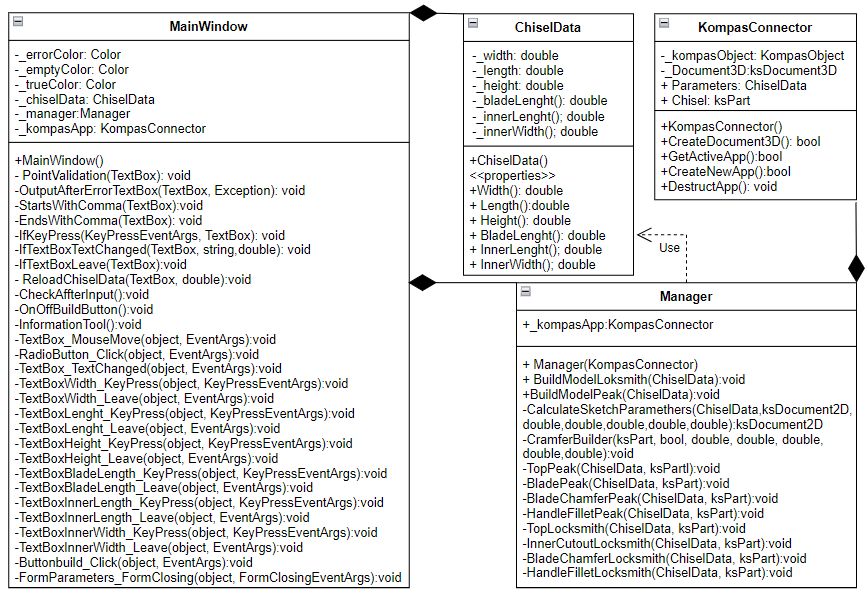


Рисунок 2.7.1 – UML-диаграмма классов

1) MainWindow – класс диалогового окна, который обеспечивает взаимодействие между пользователем и программой.

2) ChiselData − класс, хранящий в себе все параметры 3D-модели;

3) Manager − класс, осуществляющий инициализацию, создание модели и валидацию введенных данных;

4) KompasConnector – класс для работы с API КОМПАС 3D;

Класс MainWindow композирует классы ChiselData и Manager.

Класс Manager композирует класс CompasConnector и использует класс ChiselData.

В таблице 2.7.1 представлено описание полей и методов класса MainWindow.

Таблица 2.7.1 – Описание полей и методов класса MainWindow.

|  |  |
| --- | --- |
| **Название** | **Описание** |
| -\_errorColor: Color | Переменная цвета ошибки |
| -\_emptyColor: Color | Переменная цвета пустого поля |
| -\_trueColor: Color | Переменная цвета правильной валидации |
| -\_chiselData: ChiselData | Переменная класса параметров зубила |
| -\_manager:Manager | Переменная менеджера |
| -\_kompasApp: KompasConnector | Переменная компас коннектора |
| +MainWindow() | Конструктор главного окна |
| -PointValidation(TextBox): void | Функция валидации запятых |
| -OutputAfterErrorTextBox(TextBox, Exception): void | Функция вывода ошибки |
| -StartsWithComma(TextBox textBox):void | Функция обработчик ввода запятой первым символом |
| -EndsWithComma(TextBox textBox): void | Функция обработчик ввода запятой последним символом |
| -IfKeyPress(KeyPressEventArgs, TextBox): void | Функция обработчика события нажатия на клавишу |
| -IfTextBoxTextChanged(TextBox, string, double): void | Функция обработчика события изменения текста текстбокса |
| -IfTextBoxLeave(TextBox):void | Функция обработчика события выхода из текстбокса |
| -ReloadChiselData(TextBox, double):void | Функция присвоения значения параметрам класса зубила |
| -CheckAffterInput():void | Функция валидации всех полей |
| -OnOffBuildButton():void | Функция включения выключения кнопки построения |
| -InformationTool():void | функция вывода информации по допустимым параметрам ввода |
| -TextBox\_MouseMove(object,  MouseEventArgs):void | Обработчик события наведения мыши на текстовое поле |
| -RadioButton\_Click(object, EventArgs): void | Обработчик события клика при выборе модели зубила |
| -TextBox\_TextChanged(object, EventArgs):void | Обработчик события изменения текста в текстбоксах |
| -TextBoxWidth\_KeyPress(object, KeyPressEventArgs):void | Обработчик события нажатия на клавишу в текстбоксе ширины |
| -TextBoxWidth\_Leave(object, EventArgs):void | Обработчик события выхода из текстбокса ширины |
| -TextBoxLenght\_KeyPress(object, KeyPressEventArgs):void | Обработчик события нажатия на клавишу в текстбоксе длины |
| -TextBoxLenght\_Leave(object, EventArgs):void | Обработчик события выхода из текстбокса длины |
| -TextBoxHeight\_KeyPress(object, KeyPressEventArgs):void | Обработчик события нажатия на клавишу в текстбоксе высоты |
| -TextBoxHeight\_Leave(object, EventArgs):void | Обработчик события выхода из текстбокса высоты |
| -TextBoxBladeLength\_KeyPress(object ,KeyPressEventArgs):void | Обработчик события нажатия на клавишу в текстбоксе длины лезвия |
| -TextBoxBladeLength\_Leave(object, EventArgs):void | Обработчик события выхода из текстбокса длины лезвия |
| -TextBoxInnerLength\_KeyPress(object , KeyPressEventArgs):void | Обработчик события нажатия на клавишу в текстбоксе длины внутреннего выреза |
| -TextBoxInnerLength\_Leave(object, EventArgs):void | Обработчик события выхода из текстбокса длины внутреннего выреза |
| -TextBoxInnerWidth\_KeyPress(object, KeyPressEventArgs):void | Обработчик события нажатия на клавишу в текстбоксе ширины внутреннего выреза |
| -TextBoxInnerWidth\_Leave(object, EventArgs):void | Обработчик события выхода из текстбокса ширины внутреннего выреза |
| -ButtonBuild\_Click(object, EventArgs):void | Обработчик события нажатия на кнопку построения детали |
| -FormParameters\_FormClosing(object, FormClosingEventArgs):void | Обработчик события закрытия окна |

В таблице 2.7.2 представлено описание свойств и методов класса ChiselData.

Таблица 2.7.2 – Описание свойств и методов класса ChiselData.

|  |  |
| --- | --- |
| **Название** | **Описание** |
| Width: double | Ширина зубила |
| Leight: double | Длина зубила |
| Height: double | Высота зубила |
| BladeLenght: double | Длина лезвия зубила |
| InnerLenght: double | Длина внутреннего выреза зубила |
| InnerWidth: double | Ширина внутреннего выреза зубила |
| ChiselData() | Конструктор |

В таблице 2.7.3 представлено описание полей и методов класса Manager.

Таблица 2.7.3 – Описание полей и методов класса Manager.

|  |  |
| --- | --- |
| **Название** | **Описание** |
| +\_kompasConnector:KompasConnector | Подключение к компас 3D |
| +Manager(KompasConnector) | Конструктор |
| +BuildModelLocksmith (ChiselData):void | Функция сборки модели столярного зубила |
| +BuildModelPeak(ChiselData):void | Функция сборки зубила пики |
| -CalculateSketchParamethers(  ChiselData,ksDocument2D,  double, double, double, double):ksDocument2D | Функция расчета параметров эскиза по линиям |
| -ChamferBuilder(ksPart, bool, double, double,double, double, double): void | Функция построения фаски |
| -TopLocksmith(ChiselData):void | Функция построения основы столярного зубила |
| -InnerCutoutLocksmith(ChiselData):void | Функция построения выреза столярного зубила |
| -BladeChamferLocksmith(ChiselData)  :void | Функция построения фасок лезвия столярного зубила |
| -HandleFilletLocksmith(ChiselData):  void | Функция построения скругления ручки столярного зубила |
| -TopPeak(ChiselData):void | Функция построения основы зубила пики |
| -BladePeak(ChiselData):void | Функция построения лезвия зубила пики |
| -BladeChamferPeak(ChiselData):void | Функция построения фасок лезвия зубила пики |
| -HandleFilletPeak(ChiselData):void | Функция построения скругления ручки зубила пики |

В таблице 2.7.4 представлено описание полей и методов класса KompasConnector.

Таблица 2.7.4 – Описание свойств и методов класса KompasConnector.

|  |  |
| --- | --- |
| **Название** | **Описание** |
| +KompasConnector() | Конструктор |
| -KompasObject: KompasObject | Интерфейс API-системы КОМПАС |
| -Document3D:ksDocument3D | Интерфейс создания документа |
| +Chisel:ksPart | Интерфейс создания детали |
| +CreateDocument3D:bool | Функция создания документа |
| -GetActiveApp():bool | Функция активации приложения |
| -CreateNewApp():bool | Функция создания приложения |
| +DestructApp():void | Функция удаления приложения |

1. **Описание программы для пользователя**

При запуске программы пользователя встречает окно параметров зубила (рис.3.1.а), где в верхней части окна находится изображение моделируемого зубила, а в нижней – поля для ввода параметров.

Сразу под изображением находится элемент выбора модели, с помощью которой можно выбрать либо построение «Столярного» зубила, либо зубила «Пики» соответственно.

Изначально пункт выбора модели находится в положении «Locksmith Chisel» - столярного зубила, при переключении режима на «Peak Chisel» окно примет вид показанный на рисунке 3.1.б.

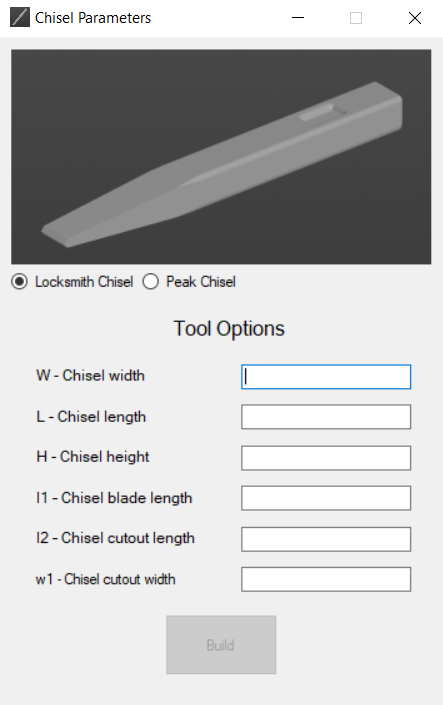
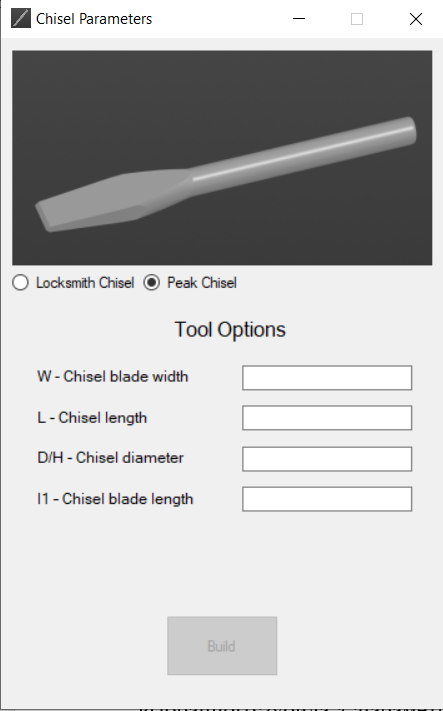
 

Рисунок 3.1. Окно параметров модели столярного зубила и зубила пики

Внизу окна находится кнопка «Build», которая запускает программу построения, если та закрыта, создает новый документ 3D и создает модель выбранного зубила, с параметрами заданными пользователем. Изначально эта кнопка заблокирована и становится доступной при корректно введенных значениях во все поля параметров. На рисунке 3.2 показана работа кнопки построения.

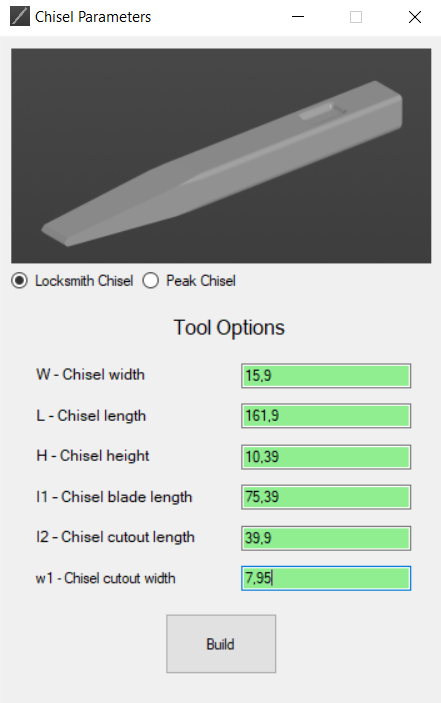


Рисунок 3.2 Активация кнопки «Build»

Поля со вводом параметров имеют простой и удобный интерфейс валидации. При наведении курсора мыши на поле, отобразится краткая информация с допустимыми значениями ввода (рис 3.3).

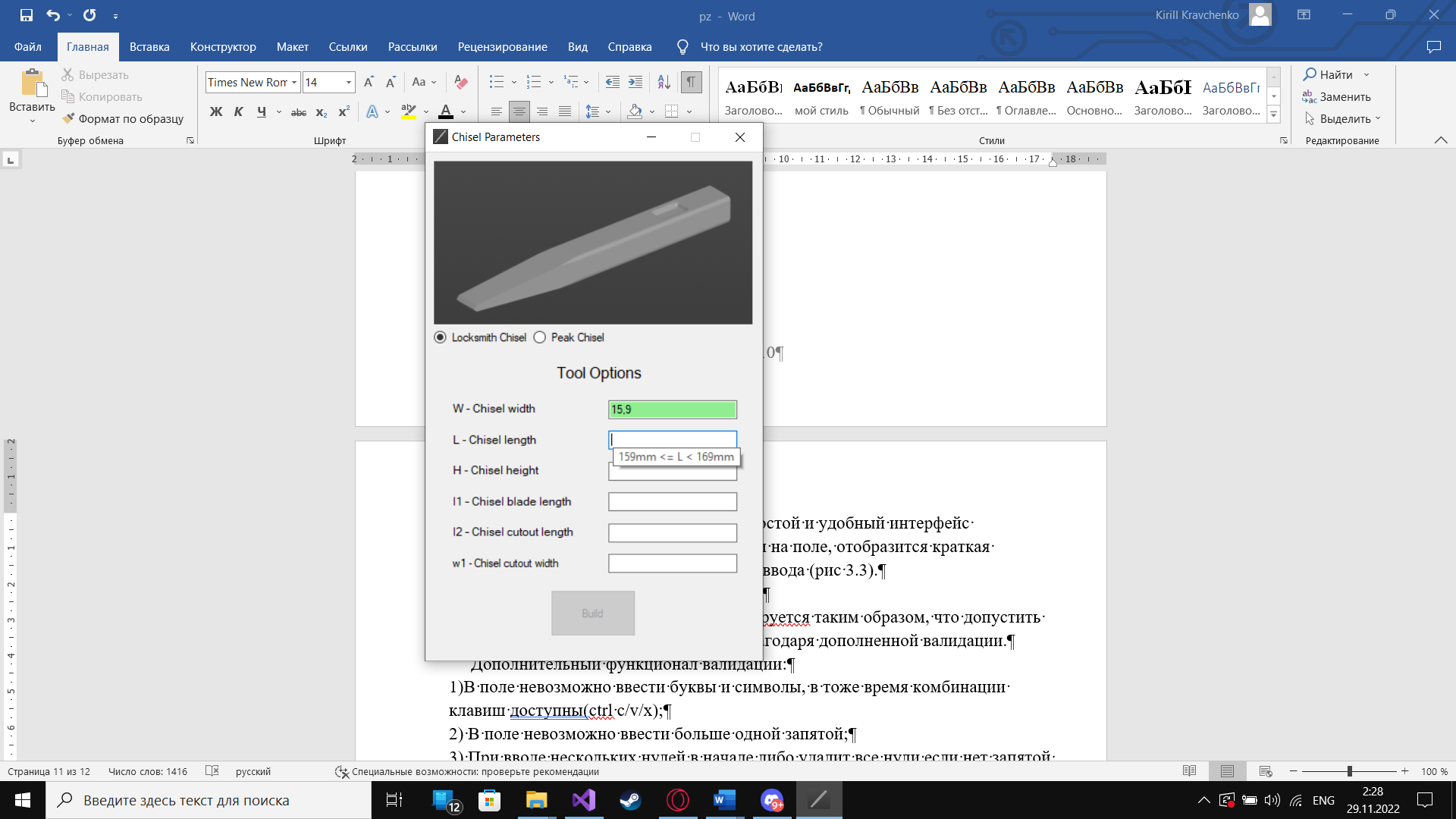


Рисунок 3.3 Информация о допустимом значении

Далее при вводе параметров поле валидируется таким образом, что допустить ошибку при вводе числа невозможно, благодаря дополненной валидации.

Дополнительный функционал валидации:

1)В поле невозможно ввести буквы и символы, в тоже время комбинации клавиш доступны(ctrl c/v/x);

2) В поле невозможно ввести больше одной запятой;

3) При вводе нескольких нулей в начале либо удалит все нули если нет запятой после них, либо оставит только 1 ноль, если есть запятая 2й символом;

4) При вводе запятой первым символом, подставит ноль в начало;

5) При выходе из поля удалит незначащие нули, а так же запятую, если она является последним символом.

Валидация обрабатывает все поля при изменении любого, и моментально выводит результат валидации в виде изменения фона полей на красный и зеленый в случае некорректно и корректно введенных значений соответственно (рис 3.4).

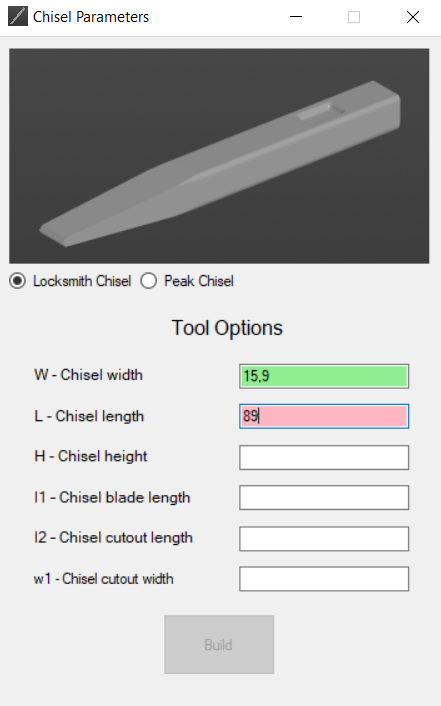


Рис 3.4 Отображение корректности введенных значений

Так же при наведении на поле с ошибкой высвечивается информация об ошибке и возможными решениями (рис.3.5).

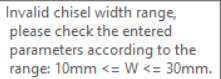


Рисунок 3.5 Информация об ошибке43

При закрытии формы высветится окно с подтверждением закрытия окна, в случае если приложением был запущен Компас 3D в процессе работы, окно предложит закрыть Компас 3D вместе с окном ввода параметров.

1. **Тестирование функционала**
   1. **Функциональное тестирование**

Функциональное тестирование — это тестирование в целях проверки реализуемости функциональных требований, то есть способности программного обеспечения (ПО) в определённых условиях решать задачи, нужные пользователям. Функциональные требования определяют, что именно делает ПО, какие задачи оно решает.

При запуске плагина открывается окно с параметрами и моделью зубила, после корректного введения всех параметров становится доступна кнопка построения, при нажатии на которую будет запущено приложение КОМПАС 3D, если оно не было запущено вручную.

При вводе некорректных данных, поле параметра изменяет цвет фона на светло красный и высвечивается подсказка о возможном решении ошибки. О корректно введенных значениях программа уведомит пользователя зеленым фоном всех полей и активацией кнопки «Build».

На рисунке 4.1.1 показана разница между формой с корректно и некорректно введенными значениями соответственно.

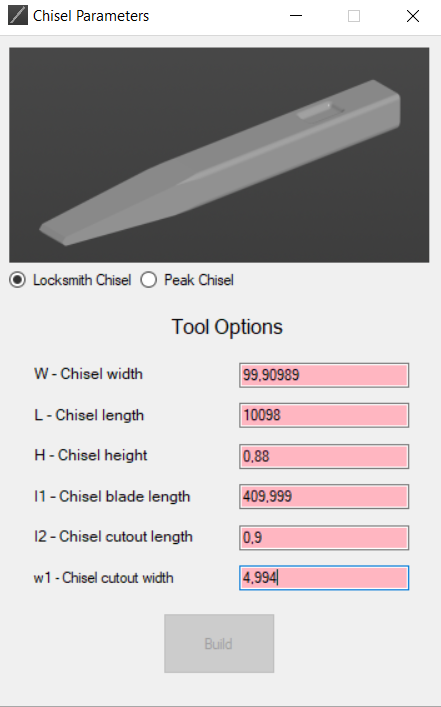
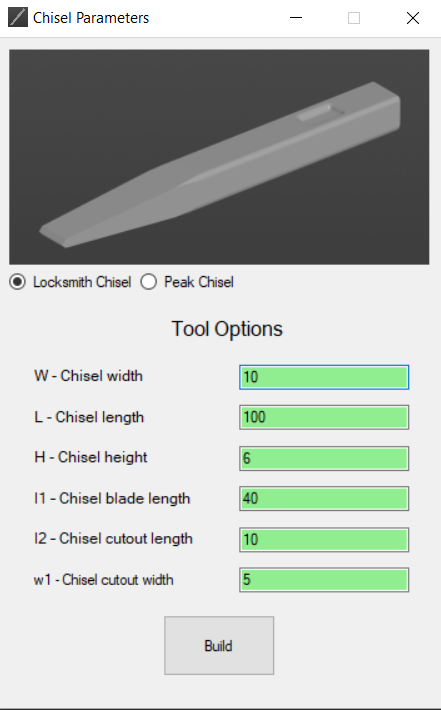


Рисунок 4.1.1 Ввод корректных и некорректных значений

На рисунке 4.1.2 представлен ввод минимально допустимых значений.

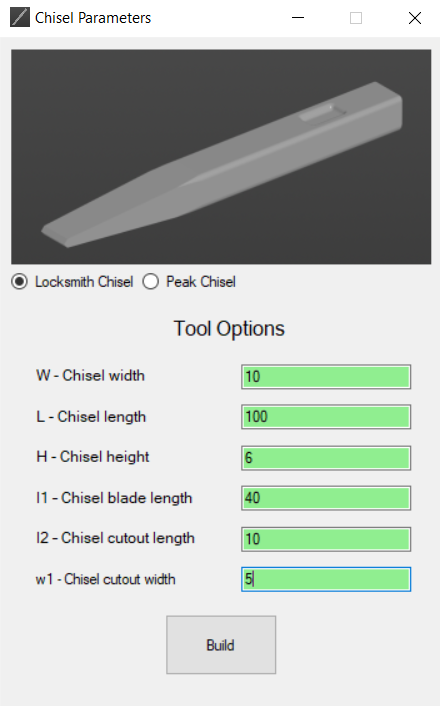


Рисунок 4.1.2 Ввод минимально допустимых значений

На рисунке 4.1.3 представлен результат ввода минимально допустимых значений.

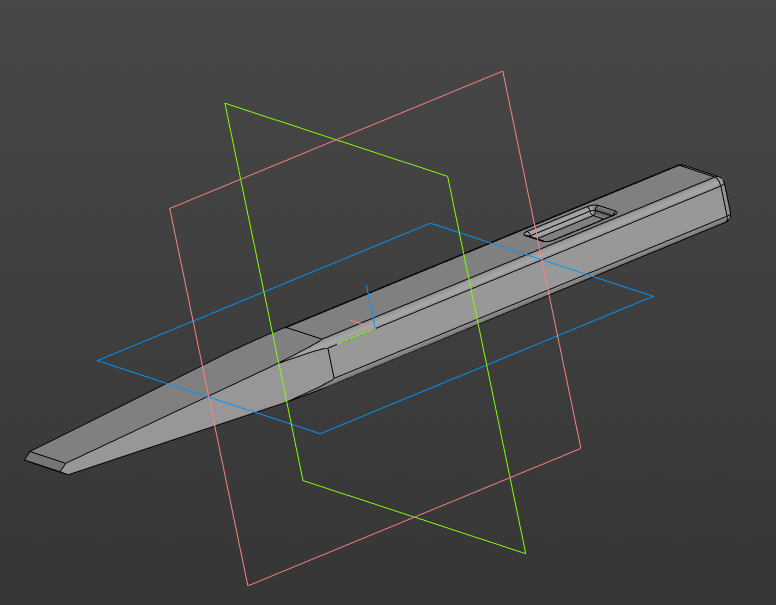


Рисунок 4.1.3 Результат ввода минимально допустимых значений

На рисунке 4.1.4 представлен ввод максимально допустимых значений.

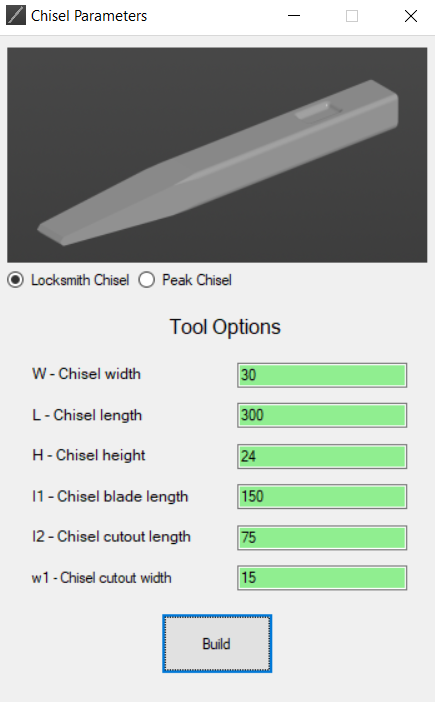


Рисунок 4.1.4 Ввод максимально допустимых значений

На рисунке 4.1.5 представлен результат ввода максимально допустимых значений.

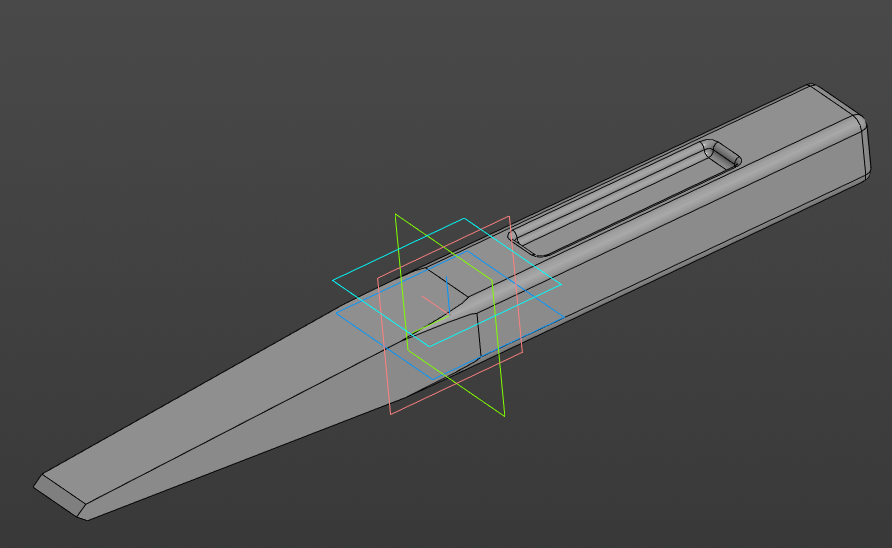


Рисунок 4.1.5 Результат ввода максимально допустимых значений

* 1. **Модульное тестирование**

Список тестовых сценариев для модульного тестирования представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Список тестовых сценариев

|  |  |
| --- | --- |
| Название тестового метода | Назначение |
| TestValidation(bool, double, double, double, double, double, double):void | Тестирование параметров детали. Присвоение корректных и некорректных значений. |
| TestConstructKompasConnector( double, double, double, double, double, double) | Тестирование создания объекта приложения КОМПАС. |
| TestDestructKompasConnector( double, double, double, double, double, double):void | Тестирование удаления объекта приложения КОМПАС. |
| TestCreateDetailLocksmith (double, double, double, double, double, double) | Тестирование создания детали  столярного зубила. |
| TestCreateDetailPeak (double, double, double, double, double, double) | Тестирование создания детали  Зубила- пики. |

Результаты успешного прохождения всех модульных тестов приведены на рисунке 4.2.

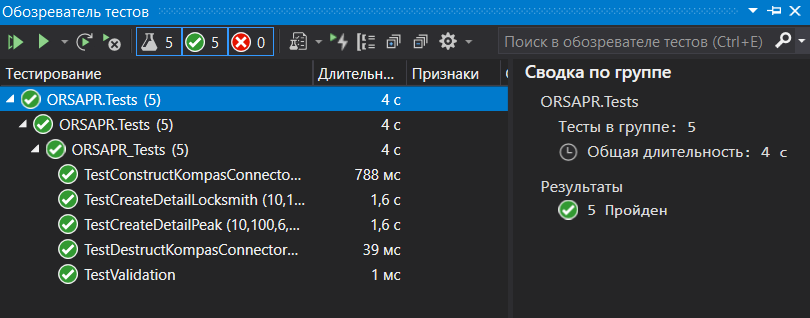


Рисунок 4.2 – Результаты модульных тестов

* 1. **Нагрузочное тестирование**

Построение детали осуществляется множество раз последовательно с помощью одного экземпляра приложения «КОМПАС-3D».

При задании максимального количества последовательно строящихся деталей равным 100, программа строит детали приблизительно за 3 минуты, в среднем по 1.8 секунды на одну деталь, при 500 ~ 20 минут, в среднем по 2.4 секунды на одну деталь, при этом время построения одной детали увеличивается пропорционально росту количества построенных деталей.

Результаты нагрузочного тестирования приведены на рисунках 4.3.1 и 4.3.2

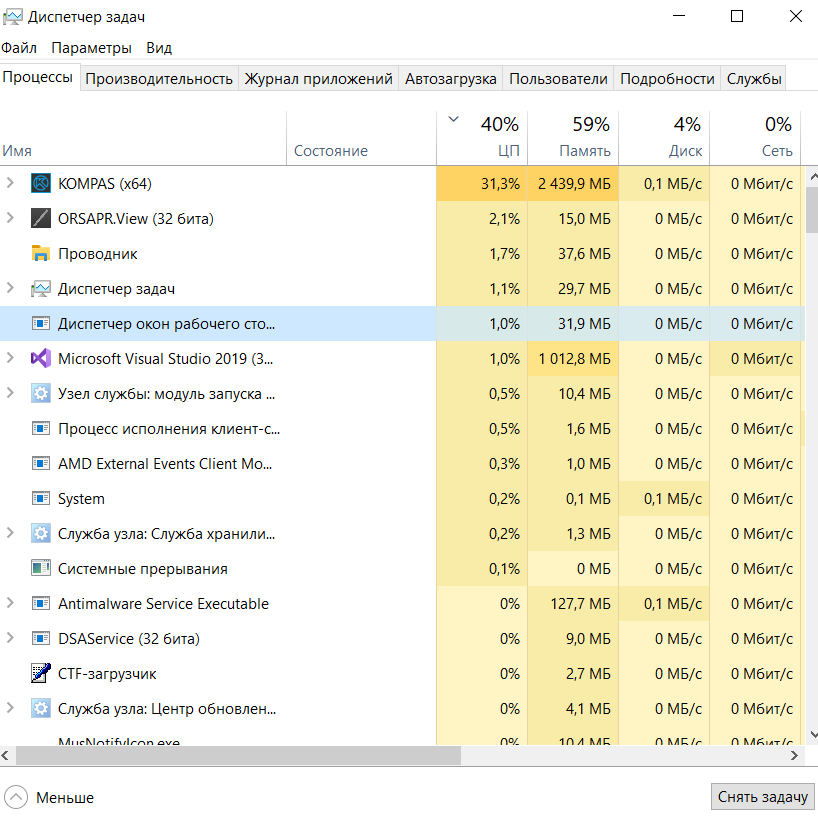


Рисунок 4.3.1 – Уровень загруженности оперативной памяти процессом приложения «КОМПАС-3D», Мб

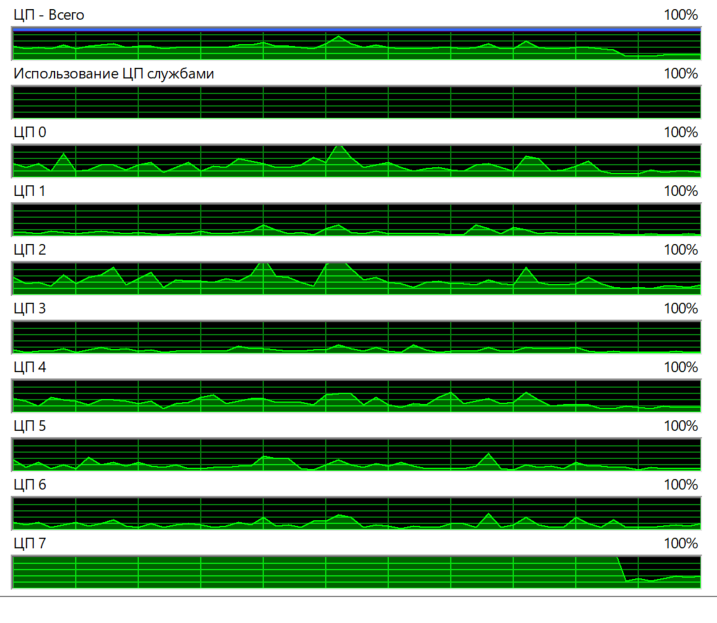


Рисунок 4.3.2– Процент загрузки ядер ЦП процессом приложения «КОМПАС-3D»

На рисунках 4.3.3 и 4.3.4 представлены графики зависимости количества непрерывно строящихся деталей (ось OX) от объема памяти в MB, используемой приложением «КОМПАС-3D» – mem и уровень загрузки одного ядра ЦП процессом в процентах – cpu (ось OY).

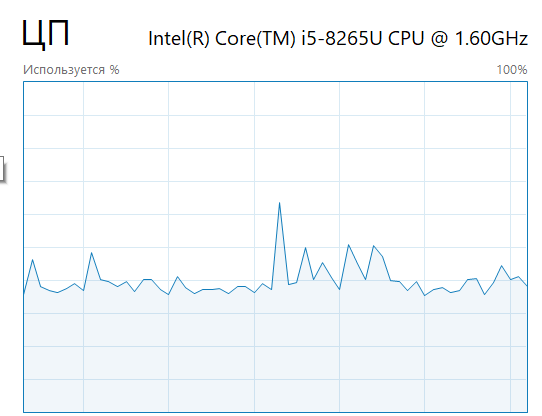


Рисунок 4.3.3 – График зависимости количества последовательно строящихся деталей (ось OX) от загрузки одного ядра ЦП процессом (ось OY), %

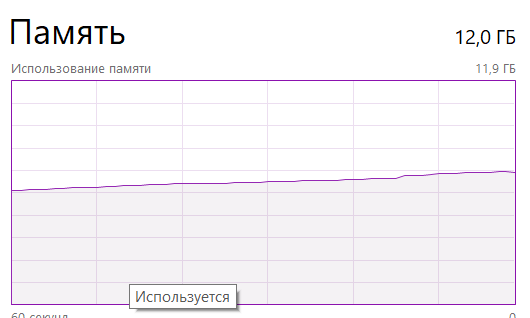


Рисунок 4.3.4 – График зависимости количества последовательно строящихся деталей (ось OX) от объёма памяти (ось OY), Мб

По графикам можно определить, что используемая память при увеличении количества последовательно строящихся сборок увеличивается линейно до 8гб, при этом загруженность ядра ЦП, используемого приложением «КОМПАС-3D», остаётся непрерывной на уровне около 50% за всё время построения.

По результатам тестирования были получены следующие выводы:

– предел нагрузки одного ядра ЦП, используемого приложением «КОМПАС-3D», не превышал 25% в связи с ограничениями операционной системы Windows 10 на использование ядер процессора отдельно взятым приложением,

* при построении сборки использование оперативной памяти увеличивалось равномерно, около 10-20 мегабайт за одну операцию построения сборки.

1. **Заключение**

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены основные этапы проектирования программного продукта, изучена предметная область предмета проектирования, также было изучено API системы автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D».

В результате полученные знания были применены для реализации плагина для автоматизации построения модели объекта «Зубило» в рабочей плоскости программы «КОМПАС-3D».

Для реализованного плагина были проведены функциональное, нагрузочное и модульное тестирования.

1. **Список использованных источников**
2. Kompas Invisible Руководство пользователя – Режим доступа: <https://kompas.ru/solutions/developers/kompas-invisible/> (Дата обращения 10.10.2022)
3. КОМПАС 3D: О программе. Официальный сайт САПР КОМПАС [Электронный ресурс] – Режим доступа: : <http://kompas.ru/kompas-3d/about/> (Дата обращения 12.11.2022)
4. API – Википедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/API> (Дата обращения 12.10.2022)
5. UML. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.uml.org/](http://www.uml.org/%20) (дата обращения 12.10.2022)
6. NUnit Documentation – Github [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/nunit/docs/wiki/NUnit-Documentation> (дата обращения 21.11.2022)
7. Функциональное тестирование – Википедия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Функциональное тестирование (дата обращения 21.12.2016)
8. Зубило – Википедия. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Зубило> (Дата обращения(23.10.2022)