Министерство науки и высшего образования Российской Федерации   
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ

УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ

по дисциплине

«Основы разработки САПР»

Тема проекта: Разработка плагина «Звездочка цепной передачи» для САПР «Компас-3D» v 16

Выполнил:

Студент гр. 586-1

\_\_\_\_\_\_\_\_ А. С. Смакотина

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

Проверил:

к.т.н., доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А. А. Калентьев

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

Томск 2020

Содержание

[1 Описание САПР 3](#_Toc38893060)

[1.1 Описание программы «Компас 3D» 3](#_Toc38893061)

[1.2 Базовые интерфейсы API системы КОМПАС 4](#_Toc38893062)

[1.3 Обзор аналогов 10](#_Toc38893063)

[1.3.1 Дополнительный модуль КОМПАС-3D «Валы и механические передачи». 10](#_Toc38893064)

[1.3.2 MechaniCS 11](#_Toc38893065)

[2 Описание предмета проектирования 13](#_Toc38893066)

[3 Проект программы 15](#_Toc38893067)

[3.1 UML диаграммы вариантов использования и диаграммы классов 15](#_Toc38893068)

[3.2 Макет пользовательского интерфейса 16](#_Toc38893069)

[Список источников 18](#_Toc38893070)

# **Описание САПР**

## **Описание программы «Компас 3D»**

**«Компас 3D»** – является комплексной системой автоматизированного проектирования, направленная не только на машиностроение, но и на разработку чертежей, проектирование кабельных систем и создание документов для инженерных проектов [1].

Создает проекты для строительной и промышленной направленности любой степени сложности, позволяет создавать изделие от идеи до полного проекта с готовыми документами.

Система «Компас-3D» включает следующие компоненты: система трёхмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования «Компас-График» и модуль формирования спецификаций. Ключевой особенностью «Компас-3D» является использование собственного математического ядра и пара2метрических технологий.

Общее назначение системы КОМПАС-3D — создание трехмерных ассоциативных моделей отдельных элементов и сборных конструкций из них. Конструкции могут содержать как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы, при использовании технологии интеллектуального проектирования [MinD](http://construction.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=104&prpid=829).

Применение свободного моделирования дает возможность создать индивидуальные проекты, отвечающие вкусам и потребностям заказчика и требующие концептуальной проработки и моделирования сложных инсталляций различных форм и композиций.

Для использования КОМПАС-3D в строительном проектировании существует несколько подходов:

1. Формирование 3D-моделей на основе 2D-моделей, выполненных с применением технологии [MinD](http://construction.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=104&prpid=829).
2. Редактирование сформированных 3D-моделей на основе 2D-моделей, выполненных с применением технологии [MinD](http://construction.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=104&prpid=829).
3. Свободное моделирование в трехмерном пространстве для создания нестандартных элементов, оборудования, проработки узлов.

Система обладает мощным функционалом для работы над проектами разнообразной направленности и сложности.

Особенности Компас-3D:

1. собственное ядро;
2. русскоязычный интерфейс;
3. интеграция с другими программам;
4. возможность проектирования трубопроводов, кабелей и кабельных систем;
5. встроенный модуль для создания электрических цепей.

## **1.2 Базовые интерфейсы API системы КОМПАС**

Взаимодействие внешнего приложения или подключаемого модуля с системой КОМПАС (с функциями моделирования, математическими функциями ядра системы и пр.) осуществляется посредством программных интерфейсов, называемых 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 [2].

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 с помощью экспортной функцйии CreateKompasObject(). 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). В таблицах 1.1 – 1.10 представлены название, тип, описание методов и свойств, используемых интерфейсов, а также описание входных параметров, используемых в методах интерфейсов.

Таблица 1.1 – Некоторые методы и свойства интерфейса KompasObject

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода или свойства | Тип | Описание |
| Document3D() | ksDocument | Метод для получения указателя на интерфейс трехмерного документа (детали или сборки) |
| ActivateControllerAPI() | Bool | Метод для активации API Компас 3D |
| Visible | Bool | Свойство видимости приложения |

Таблица 1.2 – Некоторые методы интерфейса ksEntity

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода или свойства | Тип | Описание |
| Create() | Bool | Метод для создания объекта в модели |
| GetDefinition() | IUnkown | Метод для получения указателя на интерфейс параметров объектов и элементов |

Таблица 1.3 – Некоторые методы и свойства интерфейса ksDocument3D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода или свойства | Тип | Описание |
| Create(bool invisible, bool typeDoc) | Bool | Метод для создания пустого документа (деталь или сборку) |
| GetPart(int type) | ksPart | Метод, возвращающий указатель на интерфейс детали или компонента сборки |
| Filename | String | Свойство, определяющее имя файла, из которого вставлен компонент |
| Visible | Bool | Свойство видимости приложения |

Таблица 1.4 – Входные параметры, используемых методов интерфейса ksDocument3D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание |
| Create(bool invisible, bool typeDoc) | Invisible | Признак ре­жима редакти­рования доку­мента (TRUE - неви­димый режим, FALSE - види­мый режим) |
| typeDoc | Тип докумен­та (TRUE - де­таль, FALSE - сбор­ка) |
| GetPart(int type) | Type | Тип компонента из перечисления.  Типы компонентов:  pInPlace\_Par – компонент, редактируемый на месте;  pNew\_Part – новый компонент;  pEdit\_Part – редактируемый компонент;  pTop\_Part – главный компонент, в составе которо­го находится новый или редактируе­мый или указанный компонент |

Таблица 1.5 – Методы интерфейса ksPart

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название метода или свойства | Тип | Описание |
| GetDefaultEntity (short objType) | ksEntity | Метод для получения указателя на интерфейс объекта, создаваемого системой в трехмерном документе по умолчанию |
| NewEntity (short objType) | ksEntity | Метод, создающий интерфейс нового трехмерного объекта и возвращающий указатель на него |

Таблица 1.6 – Входные параметры, используемых методов интерфейса интерфейса ksPart

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание |
| GetDefaultEntity (short objType) | objType | Тип объектов, содержащихся в массиве |
| NewEntity (short objType) | objType | Тип объектов, содержащихся в массиве |

Таблица 1.7 – Используемые методы интерфейса ksDocument2D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемое значение | Описание |
| ksCircle (double xc, double yc, double rad, long style) | Указатель на окружность – в случае удачного завершения,  0 – в случае неудачи | Создать окружность |
| ksEllipse (LPDISPATCH param) | Указатель на эллипс – в случае удачного завершения,  0 – в случае неудачи | Создать эллипс |

Таблица 1.8 – Описание входных параметров, используемых методов интерфейса ksDocument2D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание входного параметра |
| ksCircle (double xc, double yc, double rad, long style) | xc, yc | Координаты центра окружности |
| Rad | Радиус окружности |
| style | Стиль линии |
| ksEllipse (LPDISPATCH param) | param | Указатель на интерфейс [ksEllipseParam](mk:@MSITStore:D:\Program%20Files\Компас\SDK\SDK.chm::/ksEllipseParam.htm) |

Таблица 1.9 – Используемые свойства интерфейса [ksEllipseParam](mk:@MSITStore:D:\Program%20Files\Компас\SDK\SDK.chm::/ksEllipseParam.htm)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| A,B | double | Длина полуосей эллипса |
| Angle | double | Угол наклона оси эллипса a к оси X |
| Style | long | Стиль линии |
| xc, yc | double | Координаты центра эллипса |

Таблица 1.10 – Используемые методы интерфейса ksSketchDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| BeginEdit() | Bool | Войти в режим редактирования эскиза (ksDocument2D) |
| EndEdit() | Bool | Выйти из режима редактирования эскиза |

В таблице 1.11 представлены типы объектов документа-модели, используемые при разработке плагина.

Таблица 1.11 – Типы объектов документа-модели

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод | Тип объекта | Название объекта | Интерфейс параметров |
| GetDefault Entity (short objType) | o3d\_planeXOZ | Плоскость XOZ | ksPlaneParam |
| o3d\_axisOY | Ось OY |  |
| NewEntity (short objType) | o3d\_sketch | Эскиз трехмерной операции | ksSketchDefinition |
| o3d\_cutExtrusion | Операция вырезания выдавливанием | ksCutExtrusionDefinition |
| o3d\_circularCopy | Копирование по концентрической сетке | ksCircularCopyDefinition |
| o3d\_bossExtrusion | Операция выдавливания | ksBossExtrusionDefinition |

В таблицах 1.12 – 1.14 представлены используемые методы интерфейсов для типов объектов. В таблице 1.15 описание входных параметров этих методов.

Таблица 1.12 – Методы интерфейса ksCutExtrusionDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| SetSideParam (bool forward, short type, double depth, double draftValue, bool draftOutward) | Bool | Установить параметры выдавливания в одном направлении |

Таблица 1.13 – Методы интерфейса ksCircularCopyDefinition

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| SetAxis(LPDISPATCH axis); | Bool | Установить ось копирования |
| SetCopyParamAlongDir (long count, double step, bool factor, bool dir) | Bool | Установить параметры копирования |

Таблица 1.14 – Методы интерфейса ksBossExtrusionDefinition.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Тип | Описание |
| SetSideParam (bool forward, short type, double depth, double draftValue, bool draftOutward) | Bool | Установить параметры выдавливания в одном направлении |
| SetSketch (LPDISPATCH sketch) | Bool | Задать указатель на интерфейс эскиза элемента |

Таблица 1.15 – Описание входных параметров интерфейсов.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Входной параметр | Описание |
| SetSideParam (bool forward, short type, double depth, double draftValue, bool draftOutward) | Forward | Направление выдавливания: TRUE – прямое направление, FALSE – обратное направление |
| Type | Тип выдавливания.  Виды:  etBlind – строго на глубину;  etThroughAll – через всю деталь;  etUpToVertexTo – на расстояние до вершины;  etUpToVertexFrom – на расстояние за вершину;  etUpToSurfaceTo – на расстояние до поверхности;  etUpToSurfaceFrom – на расстояние за поверхность;  etUpToNearSurface – до ближайшей поверхности. |
| Depth | Глубина выдавливания |
| draftValue | Угол уклона |
| draftOutward | Направление уклона: FALSE - уклон наружу, TRUE - уклон внутрь |
| SetAxis(LPDISPATCH axis); | Axis | Указатель на интерфейс оси [ksEntity](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\ASCON\KOMPAS-3D%20V16\SDK\SDK.chm::/ksEntity.htm) |
| SetCopyParamAlongDir (long count, double step, bool factor, bool dir) | Count | Количество копий |
| Step | Шаг |
| Factor | Признак полного шага |
| Dir | Направление копирования |
| SetSketch (LPDISPATCH sketch) | Sketch | Указатель на интерфейс эскиза [ksEntity](mk:@MSITStore:C:\Program%20Files\ASCON\KOMPAS-3D%20V16\SDK\SDK.chm::/ksEntity.htm) |

## **Обзор аналогов**

### **1.3.1 Дополнительный модуль КОМПАС-3D «Валы и механические передачи».**

Приложение предназначено для автоматизации проектирования и построения трехмерных моделей валов, втулок, элементов механических передач и различных конструктивных элементов в среде КОМПАС-3D [3].

Средствами приложения Валы и механические передачи 3D могут быть спроектированы следующие элементы механических передач:

1. шестерни цилиндрические с внешним и внутренним зацеплением;
2. шестерни цилиндрические винтовых эвольвентных передач;
3. зубчатые рейки;
4. шестерни конические с прямым зубом;
5. шкивы клиноременных передач;
6. звездочки приводных роликовых цепей;
7. червяки и червячные колёса (цилиндрическая червячная передача);
8. зубчатые глухие муфты.

Пользователям доступны геометрические и проектные расчеты, расчеты передач на прочность и долговечность, а также оптимизационные расчеты.

На рисунке 1.1 представлено окно программы КОМПАС-3D с дополнительной библиотекой «Валы и механические передачи».

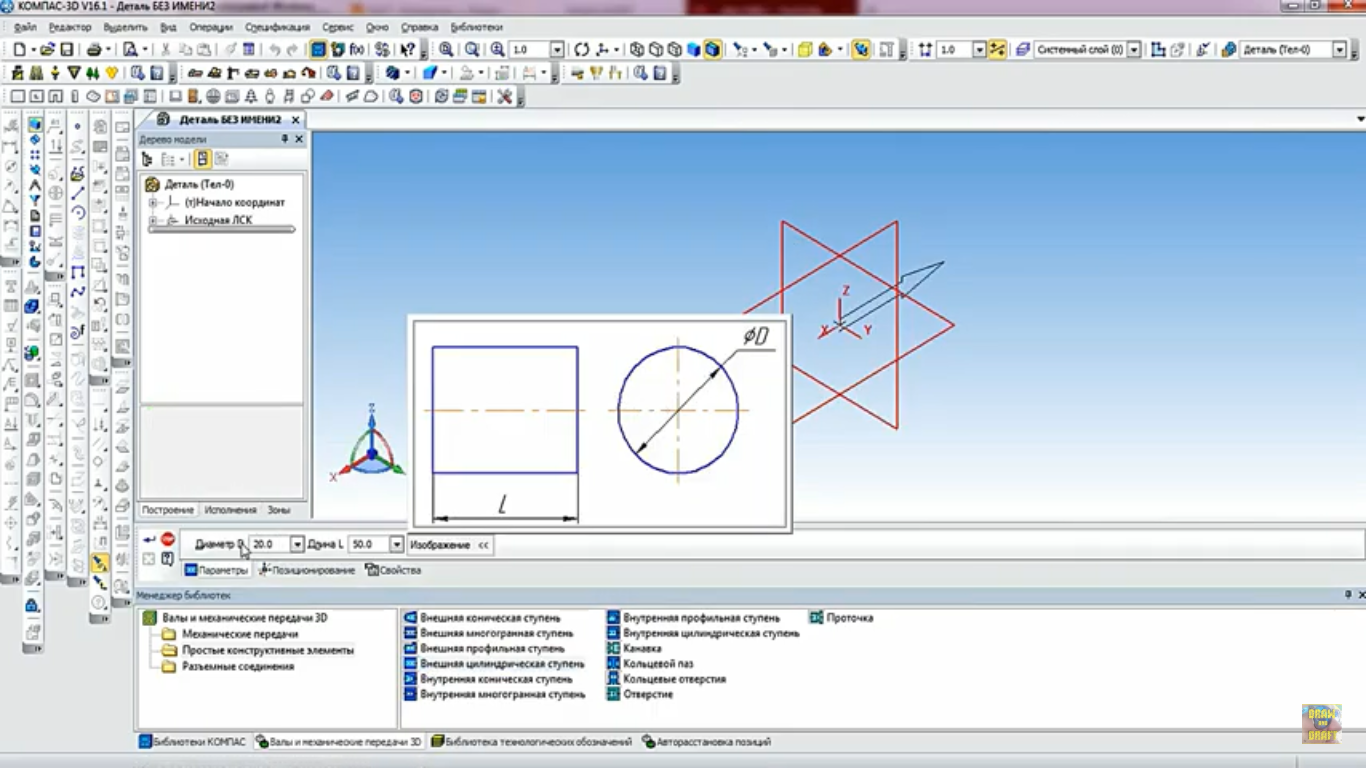


Рисунок 1.1 – окно программы КОМПАС-3D

### **1.3.2 MechaniCS**

MechaniCS — приложение к AutoCAD или Autodesk Inventor, предназначенное для оформления чертежей в соответствии с ЕСКД, проектирования систем гидропневмоэлементов, зубчатых зацеплений, валов, инженерного анализа, расчета размерных цепей, создания пользовательских библиотек [4].

MechaniCS обеспечивает специалиста всем необходимым для проектирования машиностроительных объектов: более чем двумя тысячами стандартов (включая ГОСТ, ОСТ, DIN и ISO) и унифицированными компонентами, возможностью создавать собственные интеллектуальные объекты, выполнять инженерные расчеты с отображением результатов на модели, оформлять проекции чертежей по ЕСКД и многим другим.

Все детали общей конструкторско-технологической базы обладают интеллектом и являются объектно-зависимыми. При изменении параметров одной детали все связанные с ней объектно-зависимые детали изменятся автоматически, причем в соответствии с их параметрами в базе. Такая технология — мощный инструмент многовариантного проектирования, залог повышения качества выпускаемых проектов. Важно, что этот подход одинаково доступен пользователям AutoCAD и Autodesk Inventor.

MechaniCS дает конструктору возможность учитывать не только геометрические параметры стандартных элементов, но и их механические свойства. На объекты в сборочных чертежах (при использовании AutoCAD) можно накладывать геометрические и параметрические зависимости, использовать предустановленные зависимости при их размещении на чертеже.

Проектирование элементов передач:

1. Валы.
2. Шаблоны подшипниковых узлов. Шаблоны — это группа деталей с наложенными на них параметрическими и сборочными зависимостями. Геометрия деталей в шаблоне зависит от значений их параметров в базе, размеров связанных деталей, а также от результатов расчетов (например, для зубчатых колес).
3. Шаблоны схем редукторов. В единой базе данных можно хранить 2D-развертки схем редукторов, выполненных в AutoCAD, и открывать их в Autodesk Inventor уже как трехмерные объекты.

Библиотека состоит из более чем 2000 стандартных и унифицированных элементов.

На рисунке 1.2 представлено приложение MechaniCS.

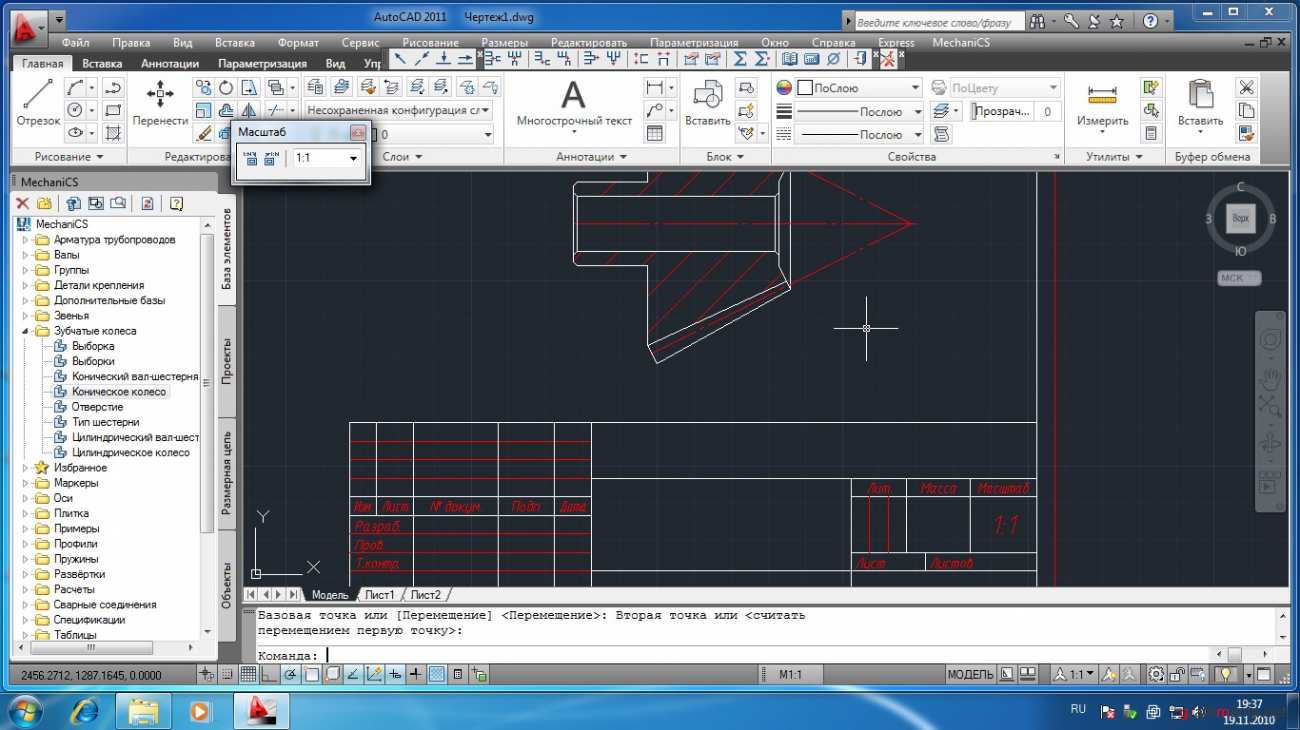


Рисунок 1.2 – приложение MechaniCS

# **2 Описание предмета проектирования**

Звёздочка – это профилированное [колесо](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE) с зубьями, которые входят в зацепление с [цепью,](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%8C) [гусеницей](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%93%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C&action=edit&redlink=1) или с другими материалами с выемками или зазубринами [5]. Звёздочки отличаются от [зубчатых колёс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%83%D0%B1%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE) тем, что никогда не входят в зацепление друг с другом непосредственно, и отличаются от [шкивов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%BA%D0%B8%D0%B2) тем, что у звёздочек есть зубья, в то время как шкивы имеют гладкие ободы.

Звёздочки применяются в [велосипедах,](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4) [мотоциклах,](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB) [автомобилях,](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C) [гусеничных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%83%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) транспортных средствах, и в других машинах, в которых применение [зубчатых передач](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%83%D0%B1%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0) является неподходящим. Они выполняют функцию передачи вращательного движения между двумя валами посредством [цепной передачи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BF%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0) или функцию сообщения линейного движения звеньям гусениц.

При использовании звёздочек в велосипедах можно изменять передаточное отношение цепной передачи путём изменения диаметра звёздочек (а значит, и количества зубьев). Такие звёздочки являются основой [велосипедного переключателя скоростей.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B9)

Изображение звездочки цепной передачи с обозначенными параметрами Rокр (радиус внешней окружности), Rц (радиус цилиндра), r (радиус отверстия), S (толщина внешней части звездочки), Sц (толщина цилиндра), H (глубина шпоночной выемки), n (количество зубьев) приведено на рисунке 2.1.

Звездочки цепных передач по радиальному и осевому биению должны отвечать требованиям соответствующих стандартов - ГОСТ 591, ГОСТ 592 [6].

В таблице 2.1 представлены некоторые размеры профиля зубьев и венцов звездочек с параметрами z (число зубьев звездочки), dд (диаметр делительной окружности), De (диаметр окружности выступов), Di (диаметр окружности впадин), Dc (диаметр обода), Lx (наибольшая хорда (для контроля звездочек с нечетным числом зубьев)).

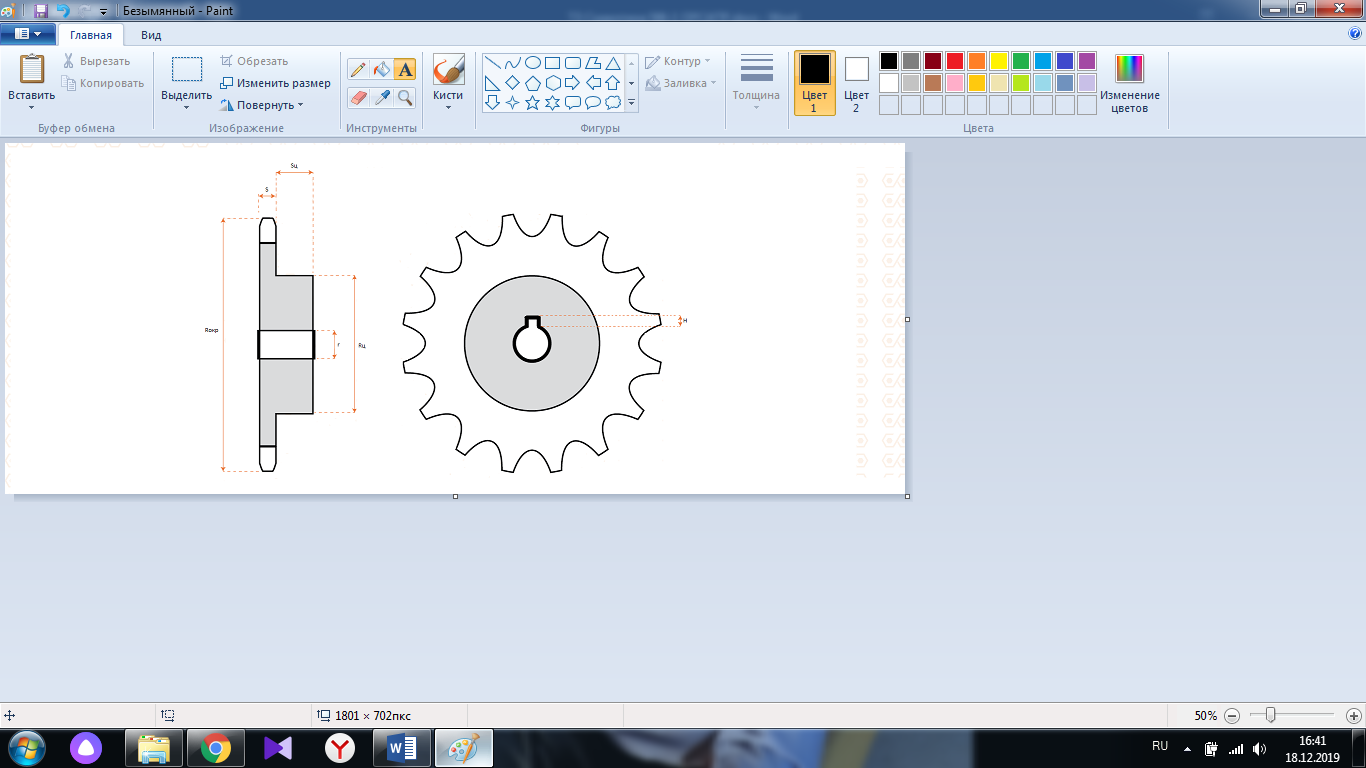


Рисунок 2.1 – Чертеж звездочки цепной передачи

Таблица 2.1 – Размеры профиля зубьев и венцов звездочек.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение цепи по ГОСТ 13568-97, ГОСТ 21834-87 | z | dд | De | Di | Dc | Lx для профиля зуба | |
| без смещения центров дуг впадин | со смещением центров дуг впадин |
| ПР-8-460 | 16 | 41,01 | 44,6 | 35,88 | 31 | - | - |
| 17 | 43,54 | 47,2 | 38,41 | 34 | 38,23 | 38,21 |
| 18 | 46,07 | 49,8 | 40,94 | 36 | - | - |
| 19 | 48,60 | 52,3 | 43,48 | 39 | 43,31 | 43,3 |
| 20 | 51,14 | 54,9 | 46,02 | 41 | - | - |
| 21 | 53,68 | 57,5 | 48,55 | 44 | 48,4 | 48,38 |
| 22 | 56,21 | 60,0 | 51,09 | 46 | - | - |
| 23 | 58,75 | 62,6 | 53,63 | 49 | 53,49 | 53,47 |
| 24 | 61,29 | 65,2 | 56,16 | 52 | - | - |
| 25 | 63,83 | 67,7 | 58,7 | 54 | 58,58 | 58,56 |

# **3 Проект программы**

## **UML диаграммы вариантов использования и диаграммы классов**

Унифицированный язык моделирования (UML) – это семейство графических нотаций, в основе которого лежит единая метамодель [7]. Он помогает в описании и проектировании программных систем, в особенности систем, построенных с использованием объектно-ориентированных технологий.

Прецеденты – это технология определения функциональных требований к системе [7]. Работа прецедентов заключается в описании типичных взаимодействий между пользователем системы и самой системой и предоставлении описания процесса ее функционирования. В терминах прецедентов пользователи называются актерами. Прецеденты считаются важной частью языка UML и предоставляют собой ценный инструмент для понимания функциональных требований к системе (рисунок 3.1).

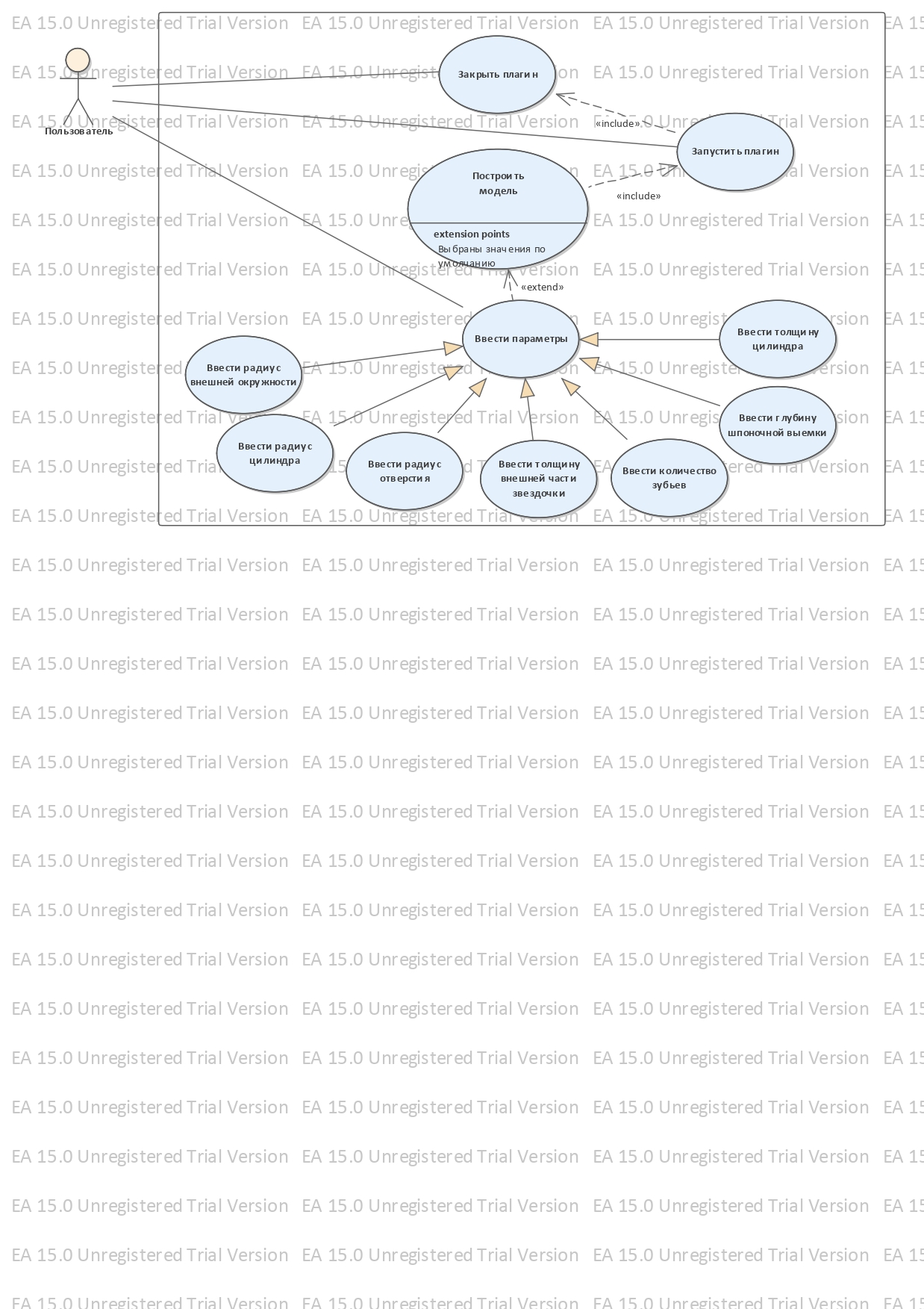
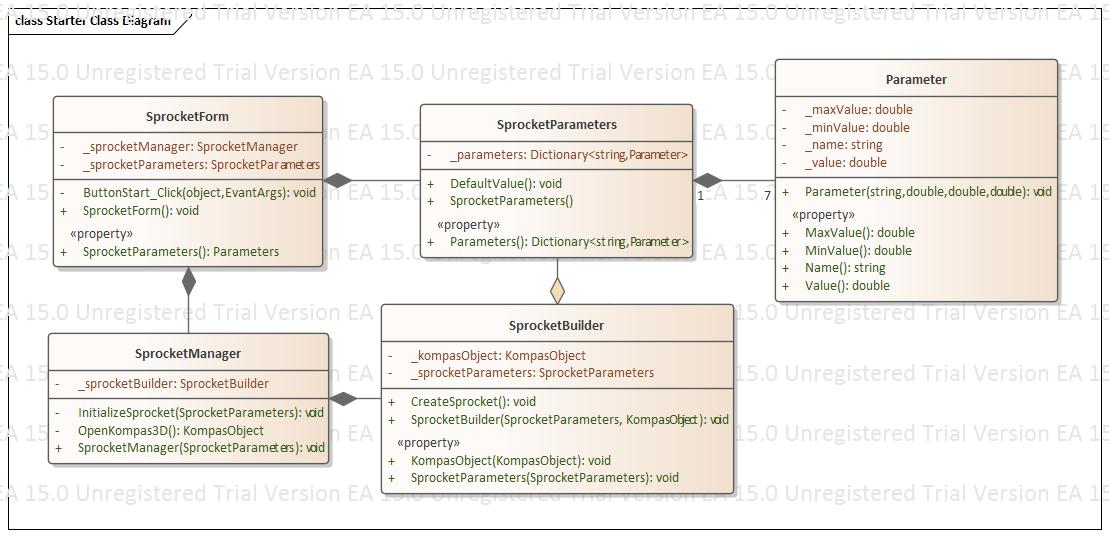


Рисунок 3.1 – Диаграмма прецедентов

Диаграмма классов описывает типы объектов системы и различного рода статические отношения, которые существуют между ними [7]. На диаграммах классов отображаются также свойства классов, операции классов и ограничения, которые накладываются на связи между объектами. В UML термин функциональность применяется в качестве основного термина, описывающего и свойства, и операции класса. Целью создания диаграммы классов является графическое представление статической структуры декларированных элементов системы (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Диаграмма классов

Класс Parameter хранит информацию о параметре проектируемой модели звездочки.

Класс SprocketParameters хранит словарь со всеми параметрами модели звездочки.

Класс SprocketBuilder хранит параметры модели звездочки, введенные пользователем.

Класс SprocketManager хранит объект класса SprocketBuilder, реализует связь плагина с Компас3D.

Класс SprocketForm является формой пользовательского интерфейса.

## **3.2 Макет пользовательского интерфейса**

В текущем проекте будет использоваться Windows Form. На рисунке 3.3 представлен макет пользовательского интерфейса для ввода параметров модели. Так же на рисунке 3.3 представлено, как будет отображаться не правильный ввод параметров (поле окрашивается в красный цвет), правильный ввод (зеленый цвет).

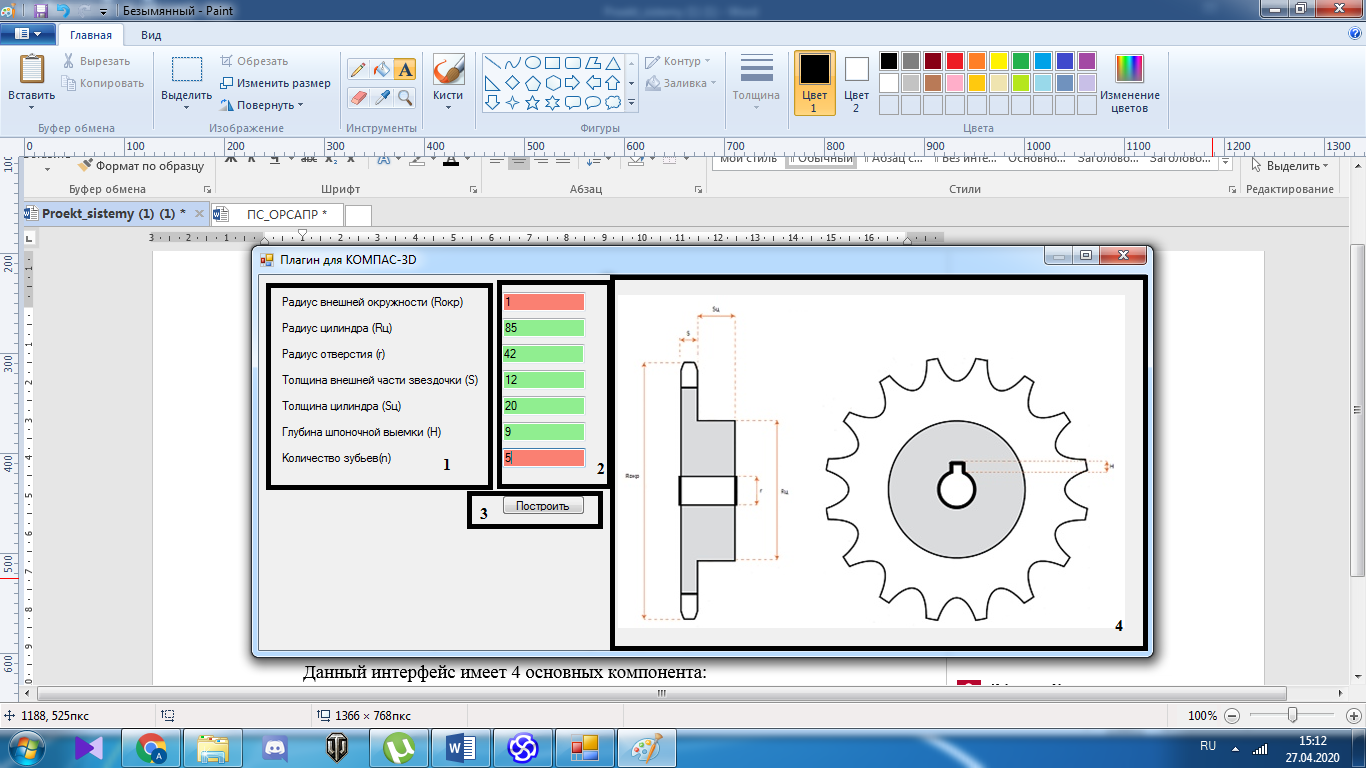


Рисунок 3.3 – Макет пользовательского интерфейса

Пользователю предлагается ввести ряд параметров модели.

Данный интерфейс имеет 4 основных компонента:

1. список вводимых параметров;
2. поля для ввода значений вводимых параметров, при неправильном вводе поле для ввода будет становится красным;
3. кнопка для построения модели, при нажатии загружается Компас-3D и начинается построение звездочки;
4. схема детали.

# **Список источников**

1. Компас-3D [электронный ресурс]. – режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения 24.02.2020)
2. Базовые интерфейсы API системы КОМПАС [электронный ресурс]. – режим доступа: <https://it.wikireading.ru/23741> (дата обращения 24.02.2020)
3. Валы и механические передачи 3D [электронный ресурс]. – режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/shafts-3d> (дата обращения 27.02.2020)
4. MechaniCS [электронный ресурс]. – режим доступа: <https://cad.ru/support/bz/archive/62/mechanics/> (дата обращения 27.02.2020)
5. Звездочка [электронный ресурс]. – режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D1%91%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)> (дата обращения 24.02.2020)
6. ГОСТ 591 [электронный ресурс]. – режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-591-69> (дата обращения 24.02.2020)
7. Мартин Фаулер. UML. Основы. / Мартин Фаулер; пер. с англ. А. Петухова – 3-е издание. – Спб: Символ-Плюс, 2004 – 192с.