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"

|  |  |
| --- | --- |
|  | Выполнил:  студент группы 588-2  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Рыжков Д.А.  «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_ 2021 г.  Принял:  руководитель к.т.н., доцент КСУП:  \_\_\_\_\_\_\_\_\_ Калентьев A. А.  «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_2021 г. |

# Описание САПР

## Описание программы

AutoCAD — двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности.

В области двумерного проектирования AutoCAD по-прежнему позволяет использовать элементарные графические примитивы для получения более сложных объектов. Кроме того, программа предоставляет весьма обширные возможности работы со слоями и аннотативными объектами (размерами, текстом, обозначениями). Использование механизма внешних ссылок (XRef) позволяет разбивать чертёж на составные файлы, за которые ответственны различные разработчики, а динамические блоки расширяют возможности автоматизации 2D-проектирования обычным пользователем без использования программирования.

AutoCAD включает в себя полный набор инструментов для комплексного трёхмерного моделирования (поддерживается твердотельное, поверхностное и полигональное моделирование). AutoCAD позволяет получить высококачественную визуализацию моделей с помощью системы рендеринга mental ray. Также в программе реализовано управление трёхмерной печатью (результат моделирования можно отправить на 3D-принтер) и поддержка облаков точек (позволяет работать с результатами 3D-сканирования) [1].

## Описание API

API (англ. Application Programming Interface) – описание способов, которыми одна компьютерная программа может взаимодействовать с другой программой. [2]

Для AutoCAD существует несколько средств программирования:

* **ObjectARX:**

Среда программирования ObjectARX используется для адаптации и расширения функциональных возможностей AutoCAD и продуктов на его основе. Она обеспечивает непосредственный доступ к структурам базы данных AutoCAD, графической системе и определениям встроенных команд. С помощью объектно-ориентированных интерфейсов программирования на языке C++ разработчики могут создавать приложения для AutoCAD и других продуктов, входящих в это семейство;

* **AutoCAD .NET API:**

В состав ObjectARX SDK входит также управляемый API, который часто называют AutoCAD .NET API. Для адаптации и расширения функциональных возможностей AutoCAD и продуктов на его основе может применяться любой язык программирования, поддерживающий .NET. Обеспечивается непосредственный доступ к структурам базы данных AutoCAD, определениям встроенных команд и другим внутренним программным элементам;

* **ActiveX:**

Интерфейс ActiveX позволяет обращаться к AutoCAD и в автоматическом режиме выполнять в нем необходимые действия посредством механизма COM-автоматизации. Такие обращения возможны, например, из автономных приложений, написанных на Microsoft Visual C++ или Microsoft .NET Framework, а также из поддерживающих VBA приложений – таких как Microsoft Office. Кроме того, интерфейс ActiveX могут использовать надстройки для AutoCAD, созданные с помощью Visual LISP, ObjectARX и AutoCAD .NET API. [3]

Принцип создания и работы плагина для AutoCAD:

1. Создание проекта библиотеки;

2. Создать проект «Библиотека классов» («Class Library»);

3. Добавить ссылки на необходимые библиотеки AutoCAD .NET API (из ObjectARX);

4. Написать код плагина;

5. Загрузить созданный плагин: нужно запустить AutoCAD и выполнить команду «NETLOAD»;

6. Отладить плагин (при необходимости). [4]

Основные пространства имен, используемые при создании плагина:

* **Autodesk.AutoCAD.ApplicationServices** — позволяет получить доступ к приложению AutoCAD;
* **Autodesk.AutoCAD.EditorInput** — позволяет получить доступ к редактору AutoCAD;
* **Autodesk.AutoCAD.DatabaseServices** — дает доступ к базе данных и сущностям AutoCAD;
* **Autodesk.AutoCAD.Geometry —** группирует всё, что относится к геометрии в AutoCAD;
* **Autodesk.AutoCAD.Runtime** — отвечает за регистрацию команд. [5, 6]

В таблице 1.2.1 представлены необходимые свойства и методы интерфейсов, которые будут использоваться при разработке плагина.

Таблица 1.2.1 — Свойства и методы интерфейсов и классов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| Application | | |
| DocumentManager | DocumentCollection | Получает доступ к объекту DocumentManager. |
| MainWindow | Window | Получает доступ к главному окну |
| ShowModalWindow (System.Windows.Window) | bool? | Используется для отображения формы WinForms |
| Transaction | | |
| Commit() | void | Фиксирует изменения, внесенные во все объекты DBObject, открытые во время Транзакции. |
| Abort() | void | Прерывает транзакцию. |

Продолжение таблицы 1.2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Возвращаемый тип | Описание |
| Document | | |
| Database | Database | Обертывает функцию AcApDocument.database() ObjectARX, которая возвращает объект базы данных (базу данных), используемый этим документом |
| Editor | Editor | Доступ к редактору, связанному с этим документом |
| TransactionManager | TransactionManager | Получает доступ к объекту TransactionManager для этого документа |
| Window | Window | Доступ к окну документа |
| AcDb3dSolid | | |
| createFrustum(double, double, double, double) | ErrorStatus | Этот метод используется для создания цилиндра или конуса с центром мирового происхождения вокруг его диаметра и расположен на половине высоты |
| createWedge(double, double, double) | ErrorStatus | Этот метод используется для создания твердого тела клина с центром в начале координат WCS |
| extrude(double, double) | ErrorStatus | Создает твердое тело путем выдавливания области, расстояния по высоте с углом конусности конуса |

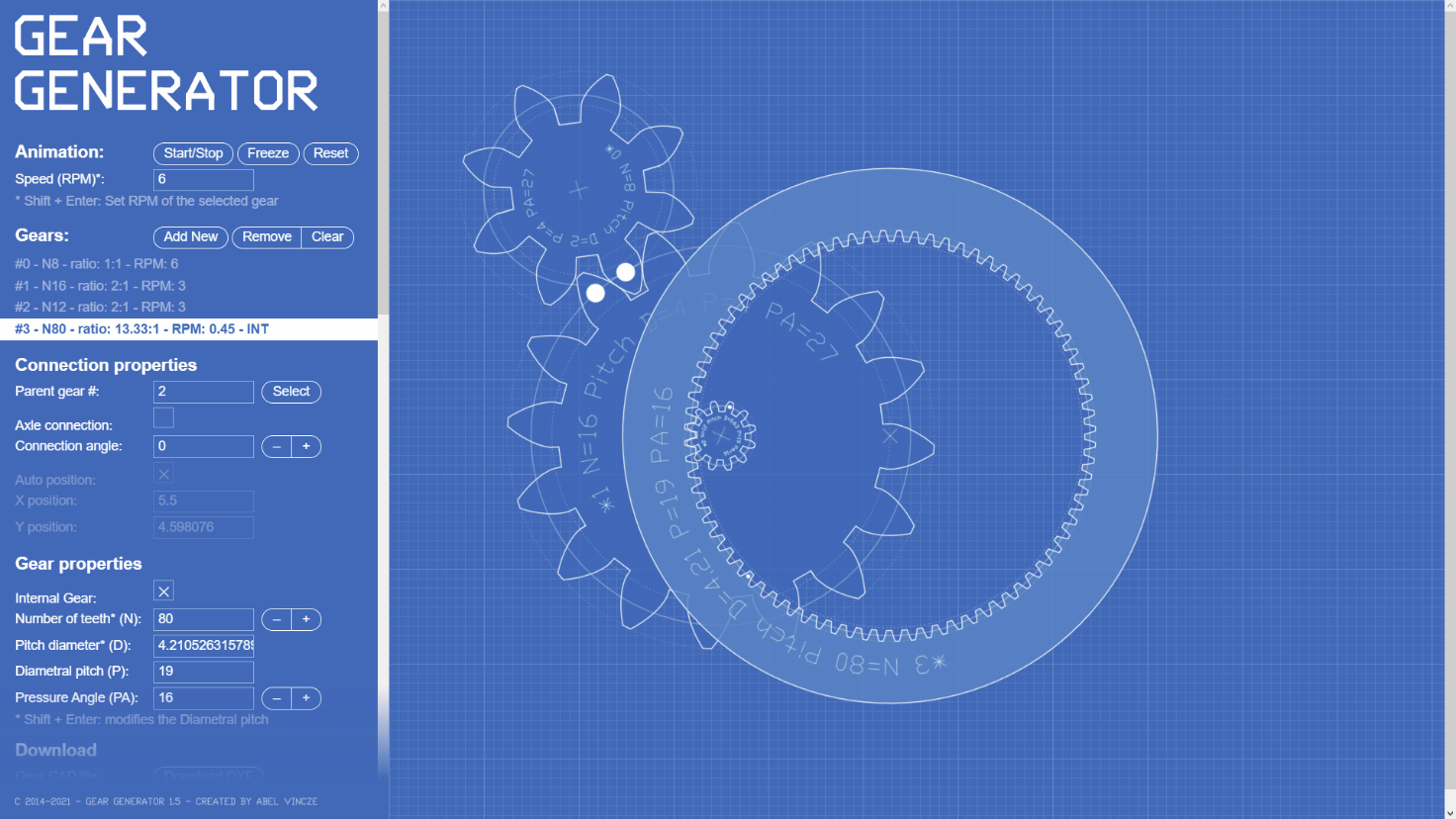
## Обзор аналогов

**AutoCAD Mechanical Toolset**

Самый лаконичный способ создания звёздочки является официальным: создать цепное колесо с помощью встроенного инструмента «вставка звездочки». Однако, данный способ доступен только на специальной версии AutoCAD (AutoCAD Mechanical Toolset), что создаёт заметные ограничения для использования этого варианта. [7]

**Gear Generator**

Помимо официального инструмента AutoCAD существует онлайн редактор для автоматизированного построения аналогичного объекта — шестерёнок. На сайте «geargenerator.com» можно построить несколько видов шестерней (внутренняя, наружная) и задать параметры: количество зубьев, шаг зуба, угол давления, диаметр. И скачать созданную схему в нужном формате (DXF, SVG). [8]

Рисунок 1.3.1 — Интерфейс сайта «geargenerator.com»

**SelfCAD**

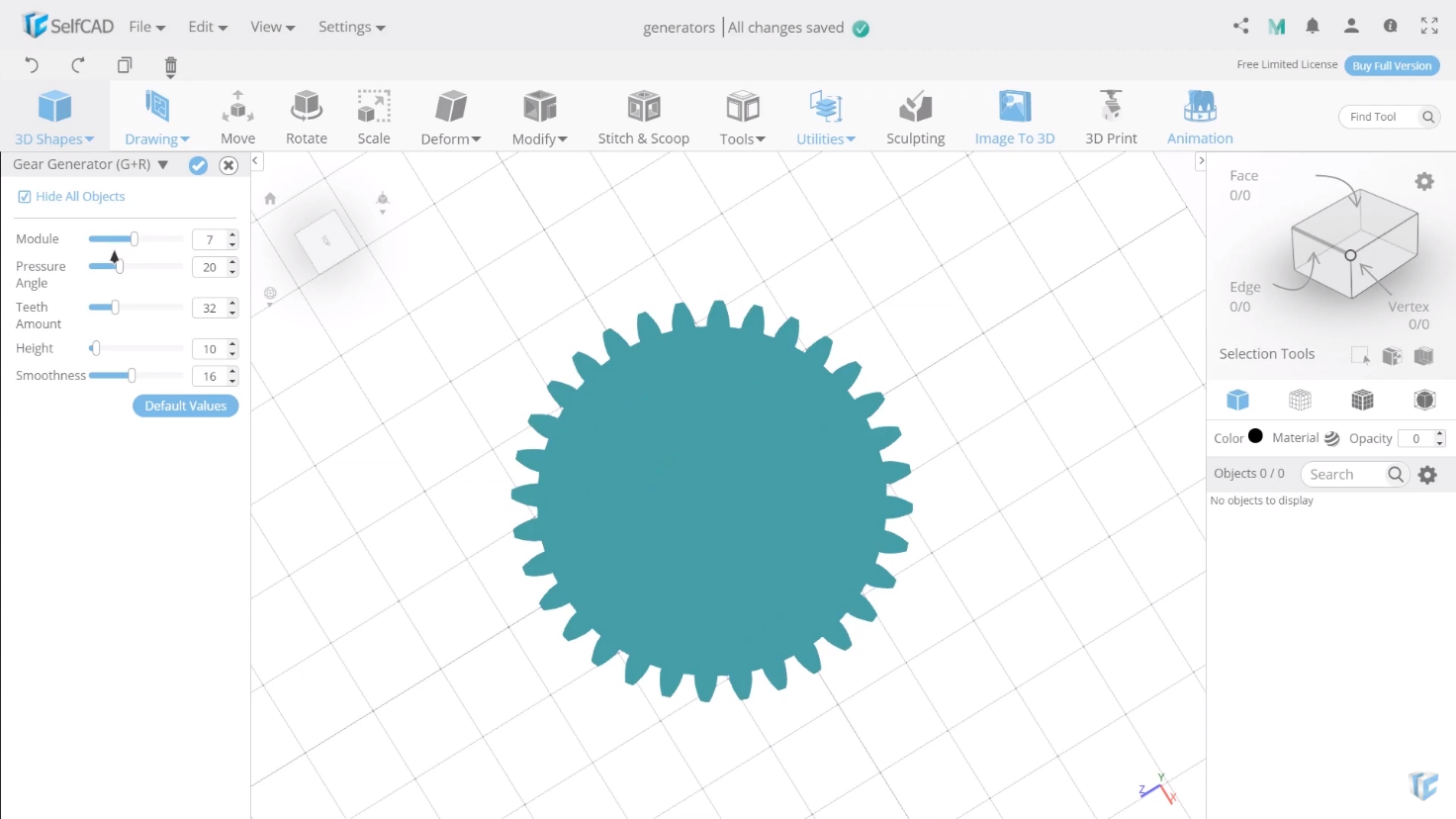
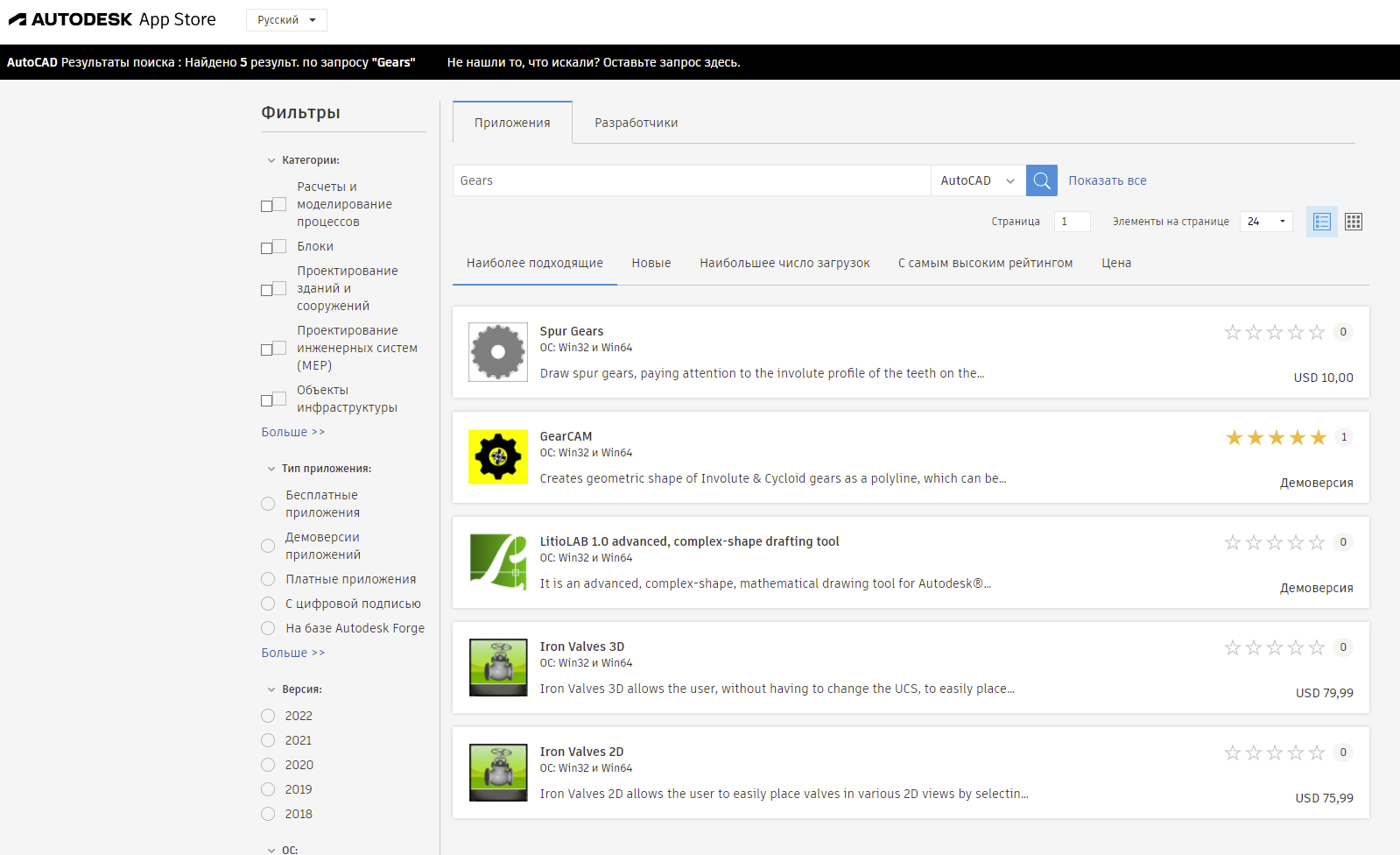
SelfCAD — это онлайн-программа для автоматизированного проектирования 3D-моделей и их 3D-печати, выпущенная в 2016 году. Она основана на браузере и облаке. Её отличительная черта — это отсутствие потребности в скачивании программы и возможность работы напрямую в облаке с сохранением возможности работы в автономном режиме (для чего уже потребуется установка программного обеспечения SelfCAD). [9]

Рисунок 1.3.2 — Интерфейс программы SelfCAD

**Autodesk App Store**

Также, существует магазин плагинов для всей продукции компании Autodesk. Однако, в нём плагины по созданию звёздочки в основном создаются для программы Fusion 360. В то время как для нужной среды AutoCAD нужных плагинов намного меньше (всего два плагина) и они распространяются на платной основе. [10]

Рисунок 1.3.3 — Пара платных плагинов AutoCAD для создания звёздочки

# Описание предмета проектирования

Звёздочка (цепное колесо) **—** это профилированное колесо с зубьями, которые входят в зацепление с цепью, гусеницей или с другими материалами с выемками или зазубринами. Звёздочки отличаются от зубчатых колёс тем, что никогда не входят в зацепление друг с другом непосредственно, и отличаются от шкивов тем, что у звёздочек есть зубья, в то время как шкивы имеют гладкие ободы.

Звёздочки применяются в велосипедах, мотоциклах, автомобилях, гусеничных транспортных средствах, и в других машинах, в которых применение зубчатых передач является неподходящим. Они выполняют функцию передачи вращательного движения между двумя валами посредством цепной передачи или функцию сообщения линейного движения звеньям гусениц. [11]

К изменяемым параметрам модели относятся:

1. диаметр наружной окружности (d, 50 — 500 мм);



Рисунок 2.1 – Диаметр наружной окружности звёздочки

1. диаметр внутренней окружности (d2, 25 — 250 мм);



Рисунок 2.2 – Диаметр внутренней окружности звёздочки

1. число зубьев (n, 5 — 80);
2. высота зуба ();



Рисунок 2.3 – Высота зуба

1. толщина пластины (h, 5 — 50 мм).



Рисунок 2.4 – Толщина пластины

# Проект программы

## Диаграмма классов

Диаграмма классов (class diagram) служит для представления статической структуры модели системы в терминологии классов объектно-ориентированного программирования. Диаграмма классов может отражать, в частности, различные взаимосвязи между отдельными сущностями предметной области, такими как объекты и подсистемы, а также описывает их внутреннюю структуру и типы отношений. [12]

Спроектированная диаграмма классов для проекта по созданию звёздочки показана на рисунке 3.1.1:

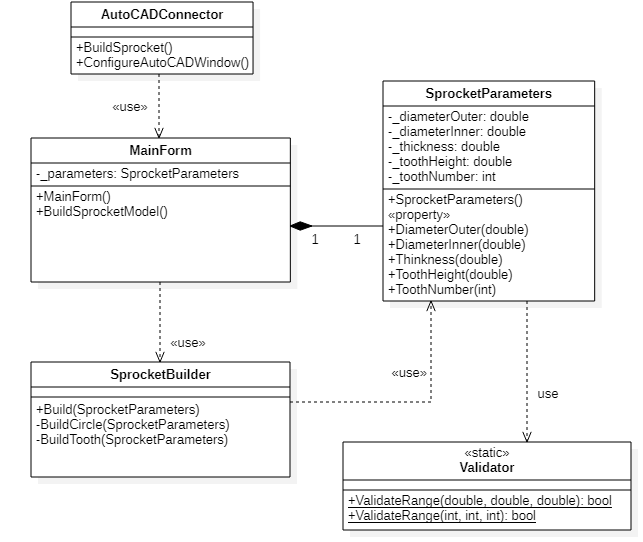


Рисунок 3.1.1 — UML диаграмма классов

Для создания плагина AutoCAD будут реализованы следующие классы:

* AutoCADConnector — класс, откуда будет запускаться плагин при помощи вызова команды «BuildSprocket» в терминале AutoCAD;
* MainForm — класс, отвечающий за пользовательский интерфейс плагина;
* SprocketParameters — класс, хранящий в себе все параметры модели звёздочки;
* Validator — класс, хранящий в себе методы проверки данных (проверка диапазона значений);
* SprocketBuilder — класс, хранящий в себе методы для построения модели звёздочки.

## Макеты пользовательского интерфейса

Для создания звёздочки хватило бы и передачи аргументов (параметров) в терминале AutoCAD. Однако, такой способ взаимодействия с пользователем не очень дружелюбен.

Намного понятнее для пользователя воспользоваться специальным интерфейсом. С целью улучшения пользовательского опыта использования создаваемого плагина был разработан макет интерфейса.

Макеты пользовательского интерфейса представлен на следующем рисунке:

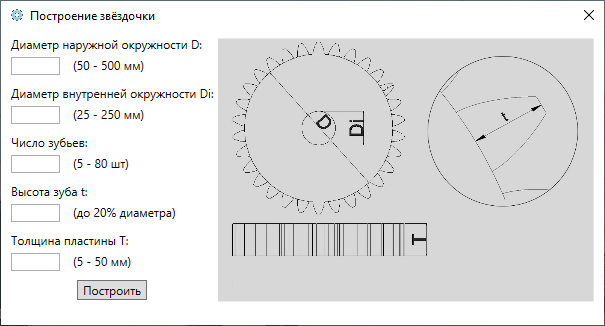


Рисунок 3.2.1 — Макет пользовательского интерфейса

Также плагин будет уведомлять пользователя о некорректном вводе данных. Планируется выводить сообщения содержащие следующую информацию:

* где была совершена ошибка (конкретное поле);
* совершённая ошибка (выход за пределы значений или ввод некорректных символов);
* что программа ожидала получить.

К примеру, плагин может сообщить пользователю: «Поле толщины пластины содержит ошибку: выход за пределы значений. Пожалуйста, введите значение в диапазоне от 5 мм до 50 мм».

# Список литературы

1. AutoCAD — Википедия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/AutoCAD (дата обращения 31.10.2021).

2. API — Википедия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/API (дата обращения 31.10.2021).

3. Разработка приложений для AutoCAD. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.autodesk.ru/autodesk-developer-network/software-platform-russian/develop-autocad (дата обращения 31.10.2021).

4. Создание плагинов для AutoCAD с помощью (часть 1 –—первые шаги) — Хабр. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://habr.com/ru/post/235723/ (дата обращения 31.10.2021).

5. AutoCAD 2022 Developer and ObjectARX documentation | Managed .NET Developer's Guide (.NET) | Autodesk. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://help.autodesk.com/view/OARX/2022/RUS/?guid=GUID-C3F3C736-40CF-44A0-9210-55F6A939B6F2 (дата обращения 31.10.2021).

6. Введение в .NET AutoCAD .NET API — презентация онлайн. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ppt-online.org/476500 (дата обращения 31.10.2021).

7. Вставка звездочки (AutoCAD Mechanical Toolset). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://knowledge.autodesk.com/ru/support/autocad-mechanical/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/RUS/AutoCAD-Mechanical/files/GUID-D8739549-39DC-48A2-97AF-976AE73CB132-htm.html (дата обращения 31.10.2021).

8. Gear generator— онлайн редактор чертежей для создания шестерней. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://geargenerator.com (дата обращения 31.10.2021).

9. 3D SHAPES: GEAR GENERATOR. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.selfcad.com/3d-modeling-features/3d-shapes-gear-generator (дата обращения 31.10.2021).

10. Gears | Подключаемые модули, надстройки, расширения для AutoCAD — Autodesk App Store. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://apps.autodesk.com/ACD/ru/List/Search?isAppSearch=True&searchboxstore=ACD&facet=&collection=&sort=&query=Gears (дата обращения 31.10.2021).

11. Звёздочка (техника) — Википедия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Звёздочка\_(техника) (дата обращения 31.10.2021).

12. Леоненков. Самоучитель UML. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://khpi-iip.mipk.kharkiv.edu/library/case/leon/gl5/gl5.html (дата обращения 3.11.2021).