Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения

высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

по дисциплине

«Основы разработки САПР»

Студент гр. 586-2

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.А. Девяшин

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020г.

Руководитель

К.т.н., доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.А. Калентьев

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020г.

2020

**РЕФЕРАТ**

Пояснительная записка: 24 стр, 18 рисунков, 10 источников.

AutoCAD 2020, ПЛАГИН, СВАЙНЫЙ АНГАР, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, САПР.

Целью данной работы является разработка плагина, автоматизирующего построение модели «Ангар» для системы автоматизированного проектирования AutoCAD 2020 [1] с помощью интегрированной среды разработки Visual Studio 2019 Сommunity [2].

В процессе работы изучены основные параметры формы для выпечки и основные функции библиотек DLL из ObjectARX SDK[3] системы автоматизированного проектирования AutoCAD 2020.

В результате работы был создан плагин, автоматизирующий построение модели «Ангар».

Оглавление

[1 Введение 4](#_Toc40665938)

[2 Постановка и анализ задачи 5](#_Toc40665939)

[2.1 Описание предмета проектирования 5](#_Toc40665940)

[2.2 Выбор инструментов и средств реализации 6](#_Toc40665941)

[2.3 Назначение плагина 6](#_Toc40665942)

[2.4 Описание аналогов разрабатываемого продукта 7](#_Toc40665943)

[2.4.1 Описание ПК Лира 7](#_Toc40665944)

[3 Описание реализации 9](#_Toc40665945)

[3.1 Описание технических и функциональных аспектов проекта 9](#_Toc40665946)

[3.2 Диаграмма USE CASE 9](#_Toc40665947)

[3.2 Диаграмма классов 10](#_Toc40665948)

[3.3 Сравнение интерфейса проекта с проектом дополненным функциональностью 12](#_Toc40665949)

[4 Описание программы для использования 14](#_Toc40665950)

[5 Тестирование программы 16](#_Toc40665951)

[5.1 Функциональное тестирование 16](#_Toc40665952)

[5.2 Модульное тестирование 17](#_Toc40665953)

[5.2 Нагрузочное тестирование 21](#_Toc40665954)

[Заключение 23](#_Toc40665955)

[Список использованных источников 24](#_Toc40665956)

# 1 Введение

Система автоматизированного проектирования — система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования. Представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

Цели создания САПР:

• сокращение трудоёмкости проектирования и планирования;

• сокращение сроков проектирования;

• повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;

• сокращение затрат на натурное моделирование и испытания.

Задачи САПР:

• автоматизация оформления документации;

• информационная поддержка и автоматизация процесса принятия решений;

• использование технологий параллельного проектирования;

• унификация проектных решений и процессов проектирования;

• повторное использование проектных решений, данных и наработок;

• стратегическое проектирование;

•замена натурных испытаний и макетирования математическим моделированием;

• повышение качества управления проектированием;

• применение методов вариантного проектирования и оптимизации.

# 2 Постановка и анализ задачи

В рамках лабораторных работ в соответствии с технически заданием требовалось разработать плагин, который на основе входных параметров, интегрируясь с системой AutoCAD 2020, строит модель. Необходимо чтобы плагин являлся библиотекой , запускаемой из AutoCAD, позволял задавать и очищать параметры, а также изменять их. К изменяемым параметрам относятся длина, ширина, высота, ангара, высота стены ангара. К зависимым параметрам относятся высота и ширина ворот. А также снеговые нагрузки.

## 2.1 Описание предмета проектирования

Ангар ­­ – сооружение для хранения, ремонта и технического обслуживания техники[4].

Параметры проектируемой 3D модели:

•высота ангара ­– H (от 2 до 10 м);

•длина ангара – L (от 2 до 40 м);

•ширина ангара – W (от 2 до 14 м);

•высота стен – l (от 0.1 до 0.3 м);

•снеговые нагрузки – S (от 200 до 600 кг/);

•высота ворот – h;

•ширина ворот – w;

•первый слой грунта – Q1;

•второй слой грунта – Q2;

•третий слой грунта – Q3.

Зависимые параметры 3D модели:

Ширина ворот определяется по формуле (2.1):

=< w <= (2.1)

где W – ширина ангара,

l – ширина ворот.

Высота ворот определяется по формуле (2.2):

2 м =< h <=, (2.2)

где H – высота ангара,

h – высота ворот.

Пример проектируемого изделия приведен ниже, на рисунке 2.1.

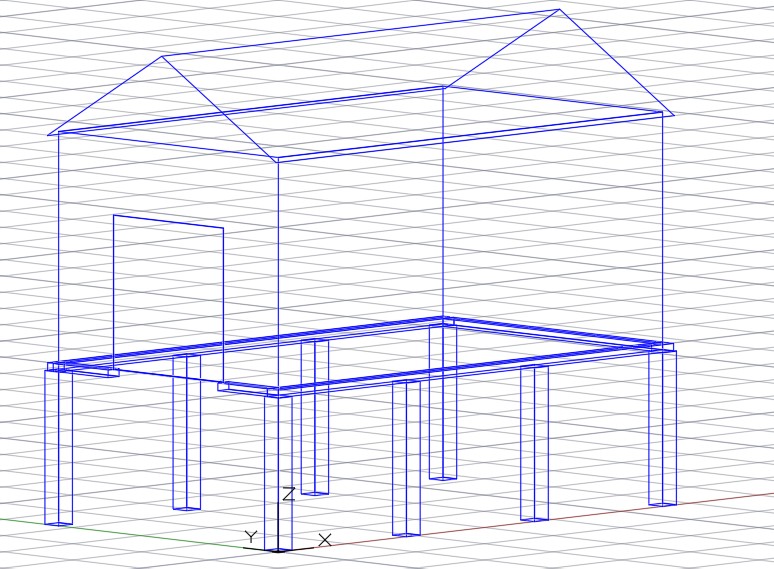


Рисунок 2.1 – Предмет изделия

## 2.2 Выбор инструментов и средств реализации

На основе требований к техническому заданию программа выполнена на языке программирования C# в среде Microsoft Visual Studio 2019 с использованием .NET Framework 4.7.2 [5].

Инструментом тестирования и создания модульных тестов был выбран фреймворк NUnit [6].

## 2.3 Назначение плагина

Назначение разрабатываемого плагина обусловлено быстрым моделированием ангара разных типов. Благодаря данному расширению, проектировщики могут наглядно увидеть спроектированную модель, при необходимости перестроить под необходимые им параметры.

## 2.4 Описание аналогов разрабатываемого продукта

### 2.4.1 Описание ПК Лира

ПК Лира — многофункциональный программный комплекс для проектирования и расчёта строительных и машиностроительных конструкций различного назначения. Реализация технологии информационного моделирования зданий.

ЛИРА-САПР реализует технологию информационного моделирования зданий (BIM) и ориентирована на проектирование и расчет строительных конструкций. Реализация технологии BIM обеспечивается нативной связью с другими архитектурными, расчетными, графическими и документирующими системами (САПФИР-3D, Revit, Tekla, AutoCAD, ArchiCAD, Advance Steel, BoCAD, Allplan, STARK ES, Gmsh и др.) на основе DXF, MDB, STP, SLI, MSH, STL, OBJ, IFC и др. файлов.

Развитая интуитивная графическая среда пользователя с возможностью 3D-визуализации расчетной схемы на всех этапах синтеза и анализа. Мощная система диагностики. Многочисленные виды представления результатов решения задачи — в графическом (изополя, эпюры, деформированные схемы, анимация форм колебаний) и табличном (перемещения, напряжения, усилия, РСУ, РСН, результаты подбора арматуры в железобетонных элементах и сечений стальных элементов) позволяет быстро провести необходимый анализ. Режим вариантного проектирования — в одной задаче пользователь может варьировать сечениями элементов, материалами, нормативами.

Интерфейс пользователя нового поколения. Синтез расчетной схемы здания или сооружения на основе управляемой процедуры преобразования 3D и 2D архитектурных моделей, созданных в различных графических программах: САПФИР-3D, Allplan, Revit, AutoCAD и др.

Развитая библиотека конечных элементов позволяет создавать компьютерные модели практически любых конструкций: плоских и пространственных рам, балок стенок, изгибаемых плит, оболочек, массивных тел, а также комбинированных систем - плит и оболочек подпертых ребрами, плит на грунтовом основании, каркасных конструкций зданий, системы "надземное строение - фундаментные конструкции - грунтовое основание" и мн. др.

Проверка и подбор сечений железобетонных и стальных элементов в соответствии с действующими в мире нормативами. Выполнение рабочих чертежей стадии КМ и КЖ.

Элементное моделирование с визуализацией на всех этапах расчета, позволяющее в ряде случаев ускорить решение задачи и снизить влияние плохой обусловленности большеразмерной матрицы.

Специализированный документатор позволяющий формировать отчет, состоящий из текстовой, табличной и графической информации . Режим интерактивных копий экрана позволяет осуществлять фиксацию и возврат к фрагменту расчетной схемы, а также выполнять автоматическое обновление изображений после ее изменения (перенумерация, перетриангуляция, смена конфигурации изображаемого объекта) [7].

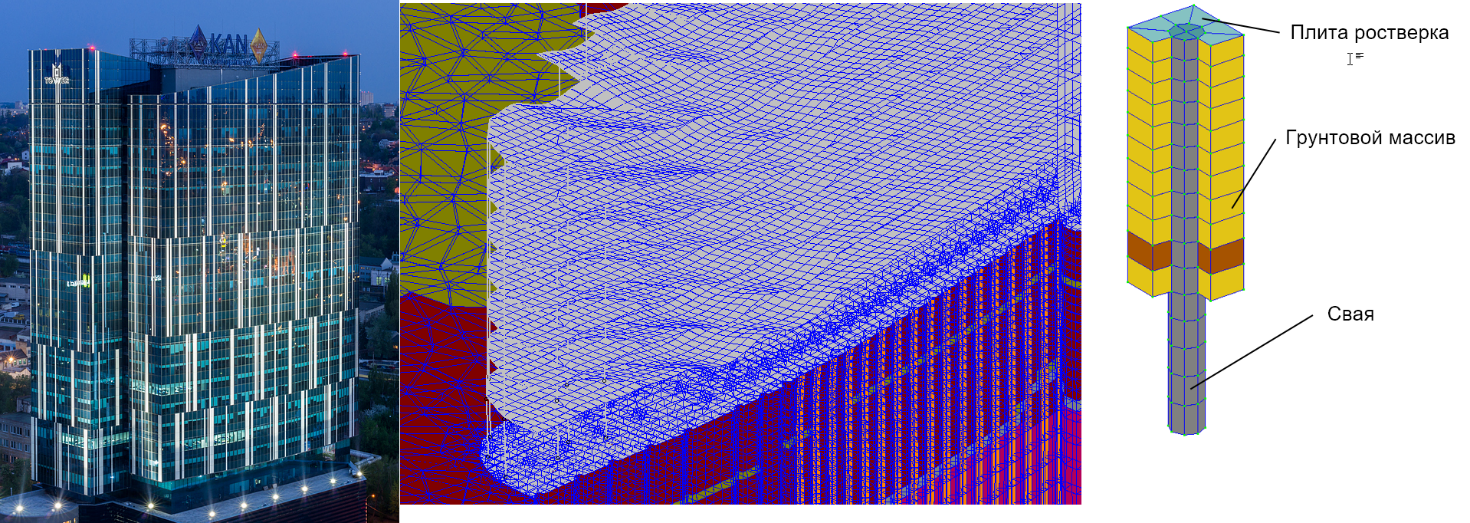
****

Рисунок 2.2 – Некоторые изображения из документации к ПК Лира.

# 3 Описание реализации

## 3.1 Описание технических и функциональных аспектов проекта

Язык UML (Unified Modeling Language) предназначен для описания, визуализации и документирования объектно-ориентированных систем и бизнес-процессов с ориентацией на их последующую реализацию в виде программного обеспечения.[8]

## 3.2 Диаграмма USE CASE

Диаграммы прецедентов составляют модель прецедентов (вариантов использования, use-cases). Прецедент — это функциональность системы, позволяющая пользователю получить некий значимый для него, ощутимый и измеримый результат[8]. Диаграмма представлена на рисунке 3.1.

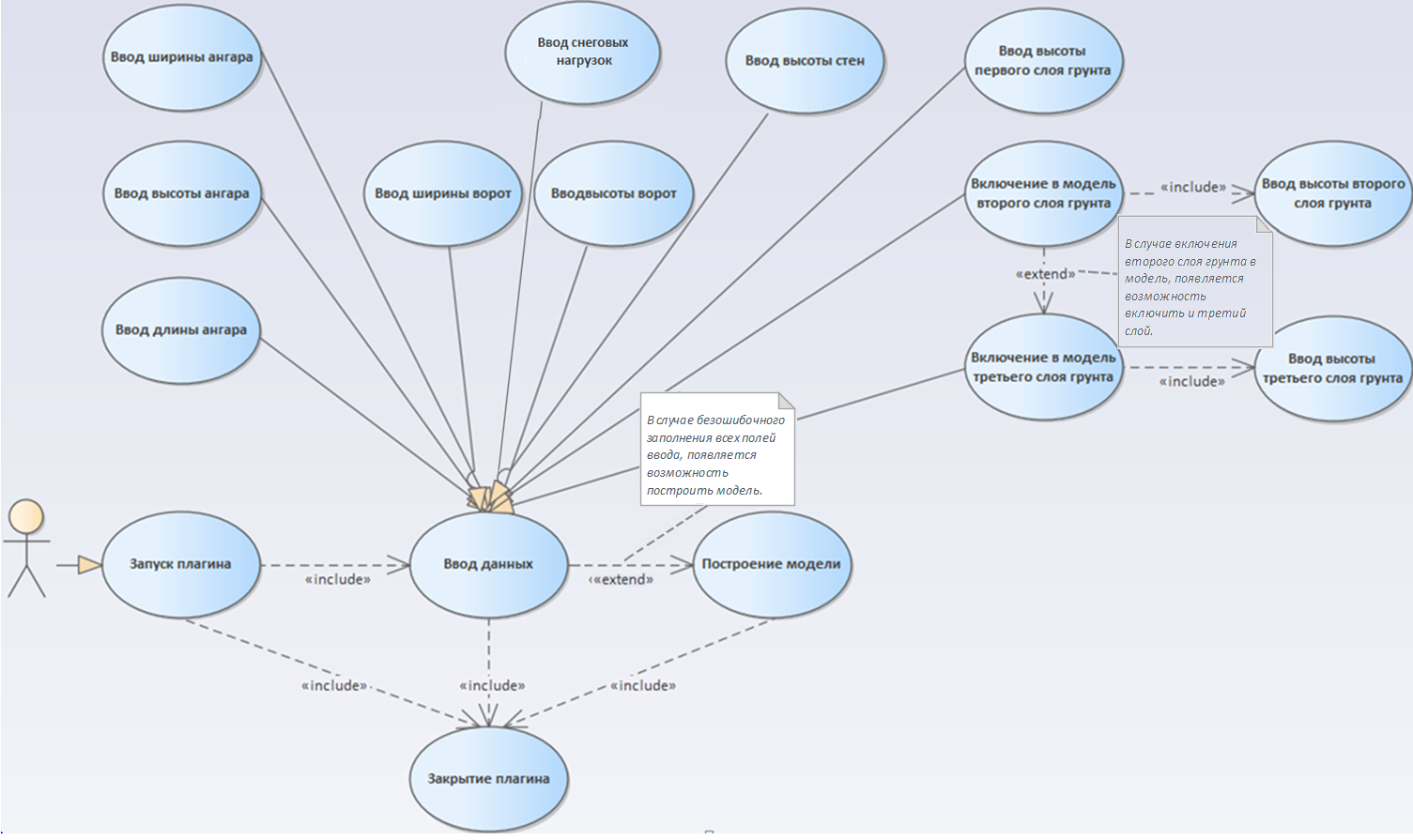


Рисунок 3.1 – Use Case диаграмма проекта.

В сравнении с диаграммой без дополнительной функциональности, появился новый параметр ввода «Снеговая нагрузка», который обозначает нагрузку испытываемую сооружением от массы снега. Ниже представлен рисунок частей диаграмм Use Case для сравнения проекта с проектом дополненным функциональностью.

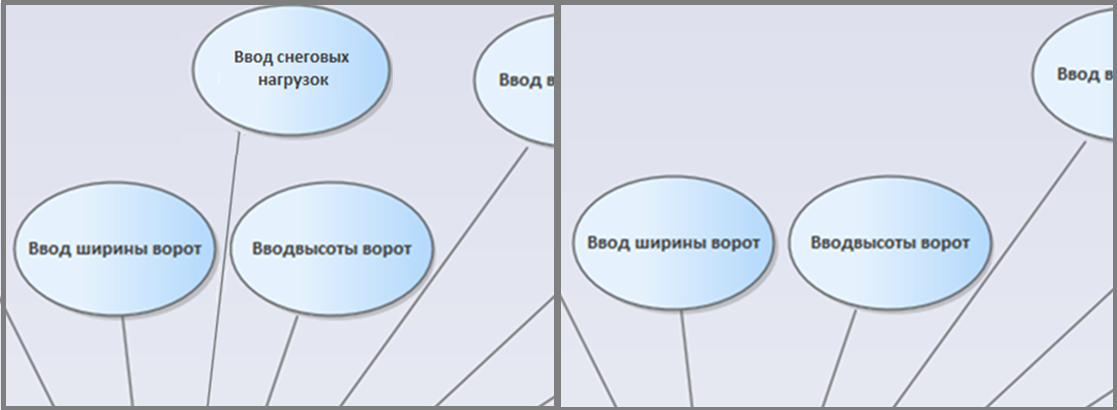


Рисунок 3.2 – Слева часть диаграммы Use Case проекта с дополнительной функциональностью, справа часть диаграммы Use Case проекта без дополнительной функциональности.

## 3.2 Диаграмма классов

Диаграмма классов описывает типы объектов системы и различного рода статические отношения, которые существуют между ними. На диаграммах классов отображаются также свойства классов, операции классов и ограничения [8]. Диаграмма классов представлена на рисунке 3.3.

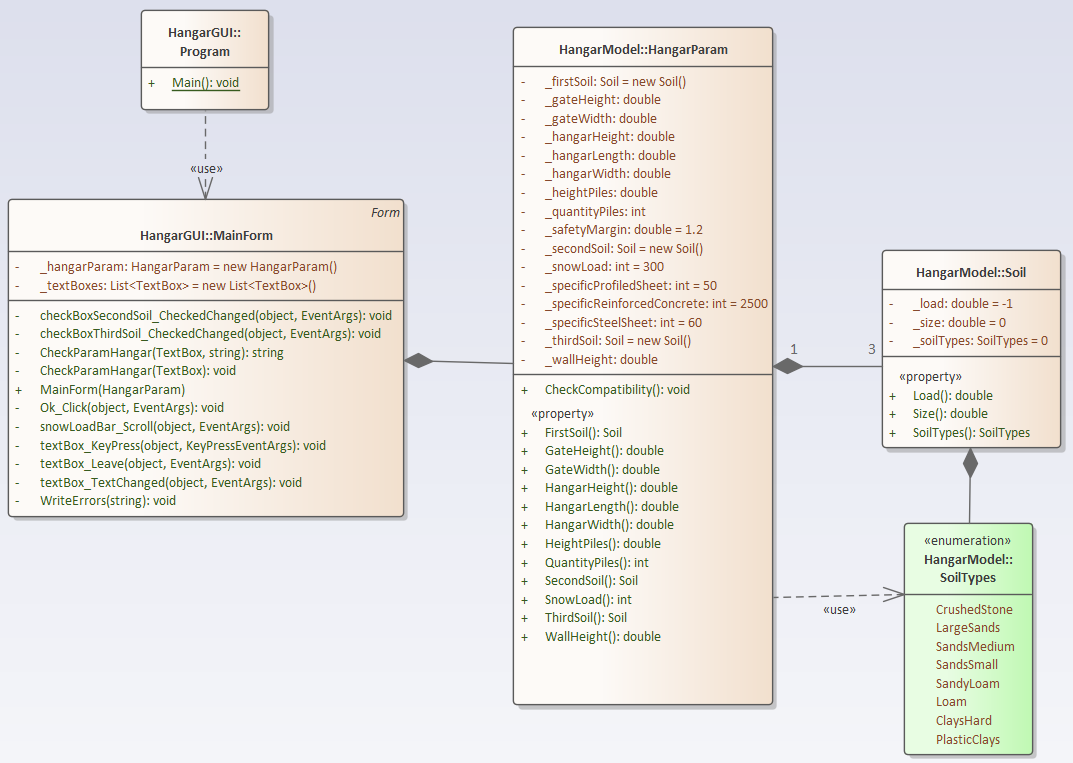


Рисунок 3.3 – Диаграмма классов.

Класс Program запускает плагин из AutoCad и имеет функцию по построению модели.

Класс MainForm отображает на экран пользовательский интерфейс, передаёт введённые данные в класс HangarParam для проверки, а так же выводит сообщение об ошибках при вводе.

Класс HangarParam хранит и проверяет в себе введённые параметры ангара.

Класс Soil хранит и проверяет в себе параметры грунта.

Перечисление SoilTypes хранит в себе основные типы грунтов.

Диаграмма классов после введения дополнительной функциональности имеет отличия в содержании классов. Так в классе MainForm был введён метод обработки изменения параметра снеговой нагрузки. Сравнение классов MainForm представлено на рисунке 3.4.

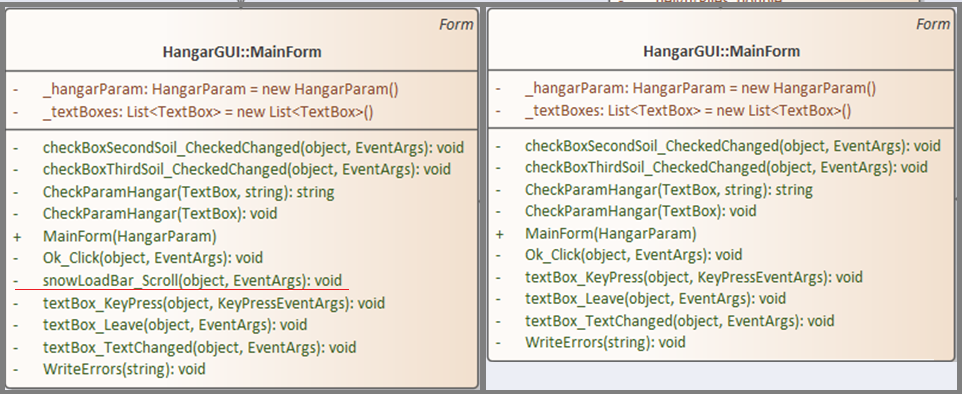


Рисунок 3.4 – Слева диаграмма класса MainForm с методом, обеспечивающим обработку введения значения снеговой нагрузки, справа диаграмма класса MainForm без дополнительных методов.

Изменения также коснулись класса HangarParam, в который были добавлены поле и свойство для хранения значения снеговой нагрузки. Сравнения классов HangarParam до и после введения дополнительной функциональности представлены на рисунке 3.5.

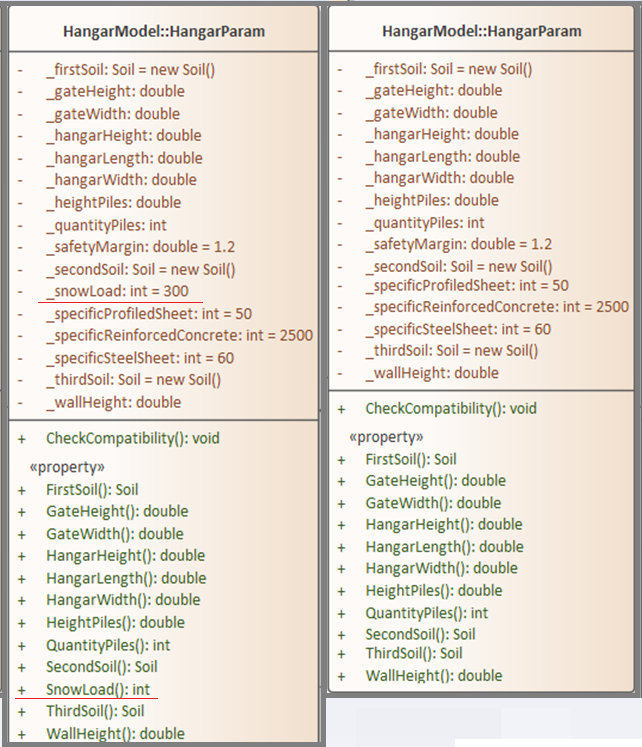


Рисунок 3.5 – Слева диаграмма класса HangarParam с полем и свойством, обеспечивающим хранение введённого значения снеговой нагрузки, справа диаграмма класса HangarParam без дополнительных методов.

## 3.3 Сравнение интерфейса проекта с проектом дополненным функциональностью

Во время создания программы были внесены коррективы по введению дополнительной функциональности. Сравнение интерфейсов до и после изменений представлены на рисунке 3.6.

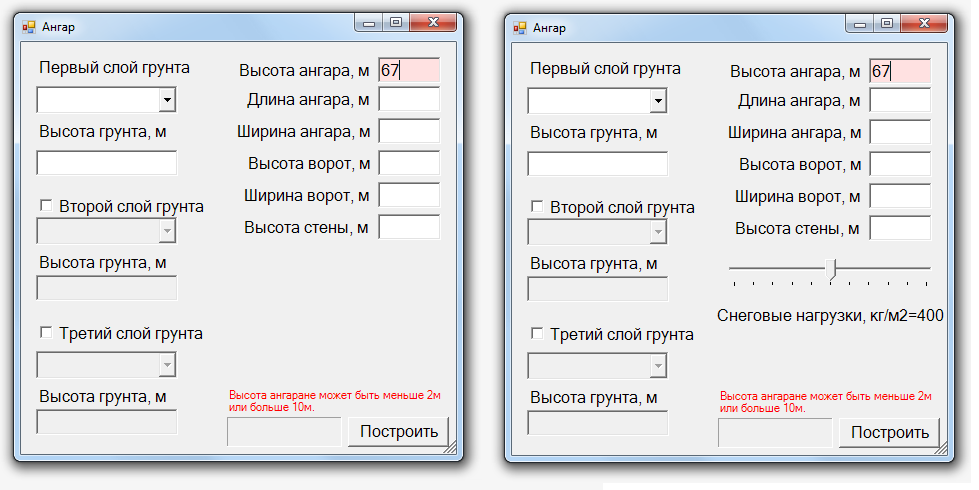


Рисунок 3.6 – Пользовательский интерфейс (слева без дополнительной функциональности, справа с дополнительной функциональностью).

Дополнительным параметром ввода были сезонные снеговые нагрузки, которые варьируются от 200 до 600 кг на метр квадратный. В пользовательский интерфейс был добавлен объект TrackBar (snowLoadBar), для возможности изменения величины снеговой нагрузки.

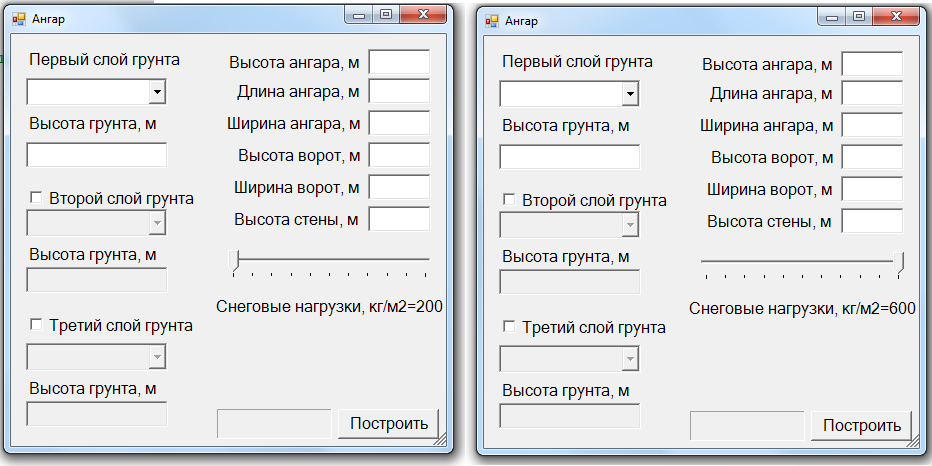


Рисунок 3.7 – Пользовательский интерфейс (слева крайне левое положение TrackBar, справа крайне правое).

# 4 Описание программы для использования

Интерфейсом взаимодействия является диалоговое окно, открываемое после загрузки плагина в системе AutoCAD.

Основной частью изменения параметров являются поля ввода, на которых стоят ограничения по нажатию клавиш клавиатуры. Это ограничение допускает ввод только цифр и одной точки (или запятой, в зависимости от системы). После ввода числа происходит его округление до одного знака после запятой. В случае не правильного ввода числа или при попытке вставить текст в поле через правую кнопку мыши, в режиме реального времени над кнопкой «Построить» появится соответствующее сообщение, а поле окрасится в красный цвет (Рисунок 4.1). После исправления ошибки красный цвет фона поля и сообщение об ошибке сотрутся.

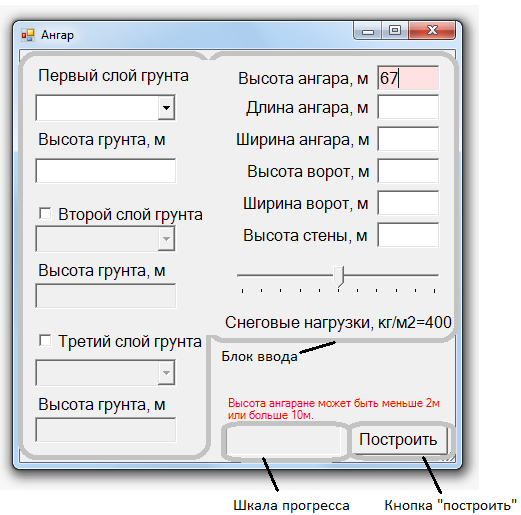


Рисунок 4.1 –Пользовательский интерфейс при вводе числа большего допустимого.

В левой части окна находятся поля для ввода параметров трёх слоёв грунта, два из которых можно добавить, поставив галочку в соответствующей строке. Удаление этой галочки безвозвратно сотрёт введённые данные о грунте. В случае, если галочка была удалена у второго грунта, тогда данные и второго, и третьего слоя сотрутся.

В правой части окна отображены поля ввода размеров ангара, а так же полоса прокрутки для настройки снеговой нагрузки, которая влияет на вес ангара. По умолчанию значение снеговой нагрузки равна четырёмстам.

После заполнения всех полей произойдёт расчёт возможности грунта выдержать вес ангара с ведёнными параметрами. Если вес окажется выше несущей возможности грунта, над кнопкой «Построить» появится соответствующее сообщение об ошибке.

Шкала прогресса в свою очередь отображает прогресс заполненности блока ввода.

После нажатия кнопки «построить», произойдёт проверка всех полей. И в случае нахождения ошибок все они отобразятся в новом окне, открывшемся в диалоговом режиме (Рисунок 4.2). Если ошибок не нашлось, тогда в системе AutoCAD будет построена и отображена модель ангара в соответствии с введёнными параметрами.

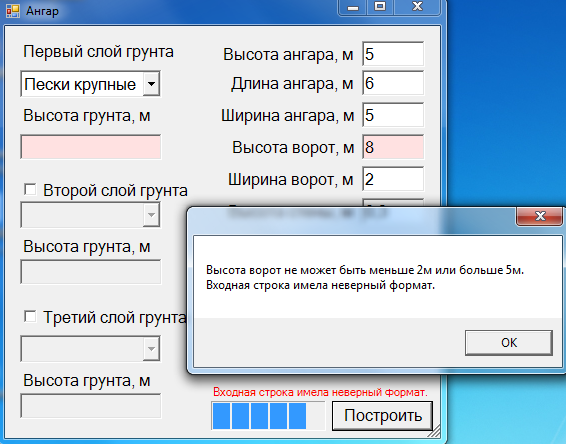


Рисунок 4.2 –Пользовательский интерфейс при нажатии кнопки «построить».

# 5 Тестирование программы

Тестирование позволяет убедиться в работоспособности программы, выявлять ошибки при изменении какого-либо функционала.

## 5.1 Функциональное тестирование

При функциональном тестировании проверялось корректность работы плагина «Ангар», а именно, соответствие полученного результата в виде трехмерной модели, с входными параметрами.

Проведено тестирование максимальных и минимальных параметров модели.

На рисунке 5.1 представлена модель ангара с минимальным введенными параметрами.

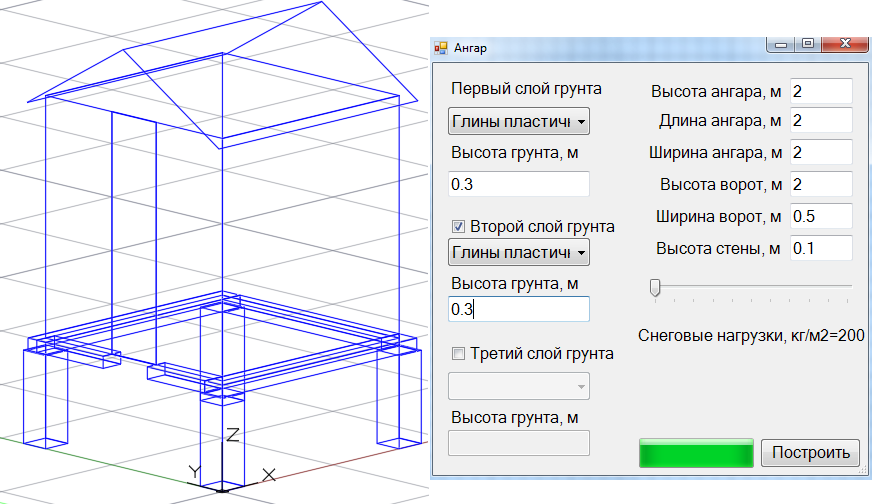


Рисунок 5.1 – Модель с минимальными веденными параметрами

На рисунке 5.2 представлена проверка размеров модели с максимальными введенными параметрами.

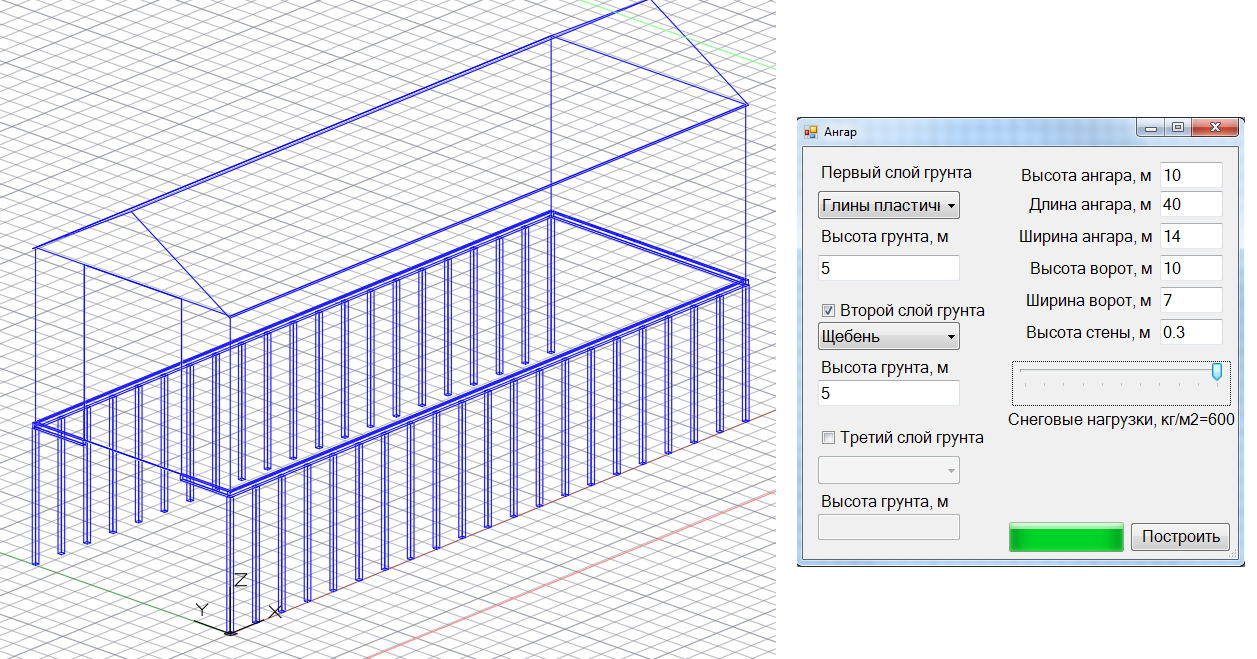


Рисунок 5.2 – Модель с максимальными веденными параметрами

## 5.2 Модульное тестирование

В целях проверки корректности работы методов и свойств классов при помощи обозревателя тестов Visual Studio было проведено модульное тестирование [9], проверялись открытые поля и методы, для этого были созданы тестовые классы:

1. HangarUnitTests – Класс для проверки открытых свойств класса HangarParam (Таблица 5.1)
2. SoilUnitTests – Класс для проверки открытых свойств класса Soil (Таблица 5.2)

Ниже представлено диалоговое окно состояний запущенных тестов класса HangarUnitTests (Рисунок 5.3)

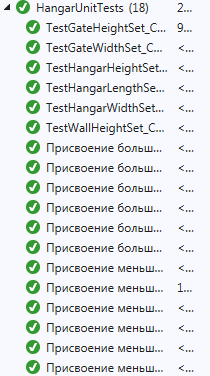


Рисунок 5.3 – Диалоговое окно состояний запущенных тестов класса HangarUnitTests

Таблица 5.1 – Описание тестов класса HangarUnitTests.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Описание | Входное значение |
| TestHangarHeightSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение высоты ангара | 8 |
| TestHangarWidthSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение ширины ангара | 4 |
| TestHangarLengthSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение длины ангара | 14 |
| TestWallHeightSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение высоты стены | 0.3 |
| TestGateHeightSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение высоты ворот | 3 |
| TestGateWidthSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение ширины ворот | 2 |
| TestHangarHeightSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число меньше граничных значений - Высота ангара | 0 |

Окончание таблицы 5.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TestHangarHeightSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число больше граничных значений - Высота ангара | 1000 |
| TestHangarWidthSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число меньше граничных значений - Ширина ангара | 0 |
| TestHangarWidthSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число больше граничных значений - Ширина ангара | 1000 |
| TestHangarLengthSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число меньше граничных значений - Длина ангара | 0 |
| TestHangarLengthSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число больше граничных значений - Длина ангара | 1000 |
| TestWallHeighttSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число меньше граничных значений - Высота стены | 0 |
| TestWallHeighttSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число больше граничных значений - Высота стены | 1000 |
| TestGateHeightSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число меньше граничных значений - Высота ворот | 0 |
| TestGateHeightSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число больше граничных значений - Высота ворот | 1000 |
| TestGateWidthSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число меньше граничных значений - Ширина ворот | 0 |
| TestGateWidthSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число больше граничных значений - Ширина ворот | 1000 |

Ниже представлено диалоговое окно состояний запущенных тестов класса SoilUnitTests (Рисунок 5.4)

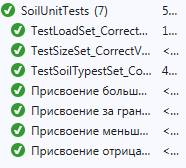


Рисунок 5.4 – Диалоговое окно состояний запущенных тестов класса SoilUnitTests

Таблица 5.2 – Описание тестов класса HangarUnitTests.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Описание | Входное значение |
| TestSoilTypestSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение типа слоя | 0 |
| TestSizeSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение высоты слоя | 1 |
| TestLoadSet\_CorrectValue | Проверка на правильное значение нагрузки грунта | 5 |
| TestSoilTypestSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число больше граничных значений - типа грунта | -1 |
| TestSoilTypestSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число меньше граничных значений - типа грунта | 8 |
| TestSizetSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число больше граничных значений - Высоты слоя | -1 |
| TestSizetSet\_ArgumentException | Проверка на исключение, если число меньше граничных значений - Высоты слоя | 8 |

## 5.2 Нагрузочное тестирование

В целях проверки производительности работы плагина, было проведено нагрузочное тестирование [10]. Для проведения нагрузочного тестирования был добавлен цикл, который просчитывал и строил один и тот же ангар. Измерялись потребляемые ресурсы физической памяти и время построения модели.

Тестирование проводилось на ПК следующей конфигурации:

Процессор: Intel(R) i5-4590;

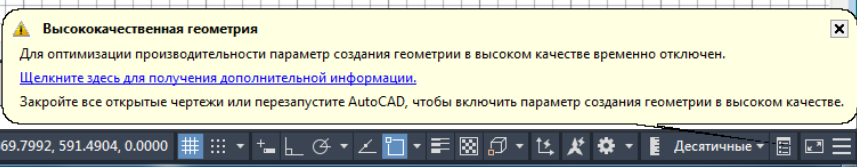
ОЗУ: 8 Гб;

Тип системы: х64.

На рисунке 5.5 представлен график зависимости занимаемой памяти, от количества построенных моделей в одном оке AutoCAD.

Рисунок 5.5 – График зависимости занимаемой памяти (вертикальная ось) от количества построенных моделей (горизонтальная ось)

Можно заметить, как память занимается не пропорционально количеству моделей. Это связано с тем, что с ростом числа блоков в пространстве, сокращается потребление памяти на графическую составляющую и точность отображения модели(Рисунок 5.6).



На рисунке 5.6 – Сообщение программы после пятидесятой итерации создания модели.

На рисунке 5.7 представлен график зависимости времени работы программы от количества построенных моделей в одном окне AutoCAD.

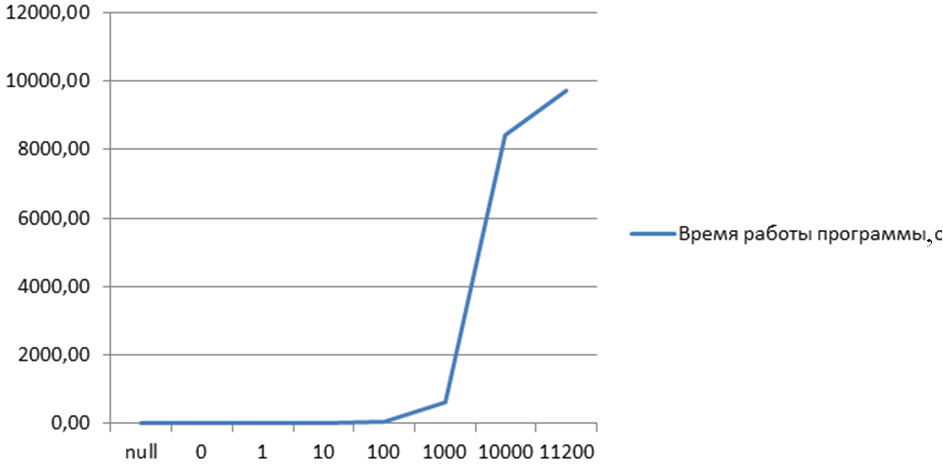


Рисунок 5.7 – График зависимости времени работы программы в секундах (вертикальная ось) от числа построенных моделей (горизонтальная ось)

Скорость построения одной модели заняло около 3 секунд, сотня моделей создалось в AutoCad за 7.3 минуты, а построение 10 000 моделей заняло более двух часов.

На 11 200-о й модели AutoCad перестал отвечать на запросы и завершил работу.

# Заключение

В ходе выполнения лабораторных работ были изучены предметная область проектирования, предмет проектирования, аналоги предмета проектирования, API и на основании полученных данных были спроектированы UML диаграммы классов, разработан плагин для создания 3D моделей «Ангар» в САПР AutoCAD 2020, а также проведены модульные, функциональные и нагрузочные тесты.

# Список использованных источников

1. Autodesk AutoCAD — краткий обзор возможностей программы, плюсы практической работы в ней. [Электронный ресурс]. — URL: <https://cgschool.pro/base/baza-1/> (дата обращения 28.01.2020)
2. Visual Studio [Электронный ресурс]. — URL: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/> (дата обращения: 20.04.2020);
3. AutoCAD .NET Developer's Guide [Электронный ресурс]. — URL: <http://docs.autodesk.com/ACD/2010/ENU/AutoCAD%20.NET%20Developer%27s%20Guide/index.html> (дата обращения 25.01.2020)
4. Новая иллюстрированная энциклопедия. Кн. 1 Аа – Ар — М.: Большая Российская энциклопедия, 2004.
5. Автоматизация вычислительных процедур в прикладных задачах инженерного проектирования [Электронный ресурс]. – URL: https://scienceforum.ru/2014/article/2014000201 (дата обращения: 20.04.2020);
6. NUnit [Электронный ресурс]. – URL: <https://nunit.org/> (дата обращения: 20.04.2020);
7. ООО "Лира сервис" [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.liraland.ru/lira> (дата обращения 25.01.2020)
8. Самоучитель UML, Александр Леоненков [Электронный ресурс]. – URL: <http://kaf401.rloc.ru/TRPO/LeonenkovUML.pdf> (дата обращения 9.04.2020)
9. Модульное тестирование [Электронный ресурс]. – URL: <http://espressocode.top/unit-testing-software-testing/> (дата обращения: 13.04.2020);
10. Нагрузочное тестирование [Электронный ресурс]. – URL: <https://daglab.ru/nagruzochnoe-testirovanie-programmnogo-obespechenija/> (дата обращения: 13.04.2020).