

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология
машиностроительного производства»

Шынтас Али Нурлыбекулы

«Построение ангара для самолета из металлоконструкций»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071200 – Машиностроение

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология
машиностроительного производства»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
СМиТМП, PhD

Арымбеков Б.С.

« 30 » 04 2019г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Построение ангара для самолета из металлоконструкций»
по специальности: 5В071200 - Машиностроение

Выполнил

Рецензент
д-ф PhD

Старший преподаватель КазНАУ
Удербаетова А.Е.

« 22 » 04 2019г.

Шынтас А.Н.

Научный руководитель
канд. техн. наук, сеньор
лектор Исаметова М.Е.

« 22 » 04 2019г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроитель-
ного производства»

5В071200 – Машиностроение



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
СМиТМП, PhD, ассоц. проф.
Арымбеков Б.С.

«6» ноября 2018г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Шынтас Али Нурлыбекулы

Тема: Построение ангара для самолета из металлических конструкций
приказом Ректора Университета № 1252-п от «06» ноября 2018г.

Срок сдачи законченной работы

«2» мая 2019г.

Исходные данные к дипломной работе: Ангар из металлоконструкций

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Ангары и разновидности ангаров
- б) Каркасная металлоконструкция
- в) Расчет каркасной конструкции
- г) Статистический расчет конструкции в программе APM 3DStructure

Перечень графического материала: Схема ангара – 1 лист формата А4, представ-
лены ___ слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 3 наименований

- а) Н.П. Мельникова. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Строиздат. Металли-
ческие конструкции. 1980. – 776 с. – (справочник проектировщика).: ил.
- б) Г.С. Веденикова, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева, Ю.И. Кудишин, А.Б. Пу-
ховский, Б.Ю. Уваров, Т.Н. Морачевский, Д.Н. Стрелецкий. Металлические Кон-
струкции, Стройпиздат, 1998. – 760 с. : ил.
- в) А.А. Замрий. Практический учебный курс. CAD/CAE система APM Win-
Machine. Учебно-методическое пособие – М: Москва, издательство АПМ, 2008.
– 144 с.: ил.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Обзор литературы Общая часть	08.01.19 - 11.02.19	Выполнено
Ангары и разновидности ангаров Каркасная металлоконструкция	11.02.19 – 19.04.19	Выполнено
Расчётная часть Графическая часть	22.04.19 – 23.04.19	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Карпеков Р.К., лектор	30.04.2019	

Научный руководитель  Исаметова М. Е.

Задание принял к исполнению обучающийся  Шынтас А. Н.

Дата " " ноября 2018 г.

АҢДАТПА

Диплом жұмысының тақырыбы: "Ұшақ үшін металл құрылымдарынан ангар құру".

Кіріспеде авиациядағы ангар құрылымының маңыздылығы туралы айтылады

Бірінші тарауда ангардың өзі және оның түрлері қарастырылады.

Бұдан әрі әрине металл құрылымдары туралы және оның ғимаратты жобалау кезіндегі маңызы туралы айтылады.

Сонымен қатар, құрылымды жобалау үшін негізгі формулалар қарастырылады.

Ангар құрылымының 3D моделі APM3DStructure бағдарламасымен жобаланған, ол кернеуге, жүктемелерге, сондай-ақ орын ауыстыруға арналған осы сынақ бағдарламасының көмегімен жүргізіледі. 2D құрылым сызбасы Компас-3D бағдарламасында сызылған.

Кіріспеде осы тақырыптың өзектілігі ашылады, Зерттеудің мақсаты мен қажеттілігі қалыптасады. Тараулар бойынша диплом жұмысының тақырыбы егжей-тегжейлі баяндалады.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы: «Построение ангара для самолета из металлоконструкций».

В введении говорится о важности такой конструкции как ангар в авиации

В 1 главе рассматривается понятие самого ангара, и его разновидностей. Рассмотрены параметры ангаров для самолетов. Далее речь заходит непосредственно о металлоконструкции, и какую роль она выполняет при проектировании зданий. Описываются конструкционные параметры рам.

Также в свою очередь рассматриваются основные формулы для проектирования конструкции. Обзор формул по которым начинается проектирование конструкции.

3D модель конструкции ангара была спроектирована программой APM3DStructure, где были проведены с помощью данной программы испытания на напряжение, нагрузки, а также на перемещения. Также для более целостного расчете были заданы климатические нагрузки 2D чертеж конструкции начерчена в программе Компас-3D.

В введении раскрывается актуальность данной темы, формируются цель и необходимость исследования. По главам уже подробно раскрывается тема дипломной работы.

ANNOTATION

Thesis: “Building a hangar for the aircraft from metal structures”.

The introduction talks about the importance of such a structure as hangar in aviation.

The first part discusses the concept of the hangar itself, and its varieties. The parameters of hangars for aircraft are considered. Then it comes directly to the metal, and what role it plays in the design of buildings. The structural parameters of the frames are described. Also, in turn, the basic formulas for the design of the structure are considered.

An overview of the formulas by which the design of the structure begins. The program APM3DStructure designed the 3D model of the hangar, which were carried out with the help of this program tests for voltage, load, and displacement.

Also for a more complete calculation were given climatic loads. 2D drawing of the structure drawn in the program Compass-3D.

The introduction reveals the relevance of this topic, the purpose and the need for research. The chapters have already detailed the topic of the thesis.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1 Ангары и разновидности ангаров.....	10
1.2 Авиационные ангары	12
1.3 Внешнее покрытие ангаров.....	15
2 Каркасная металлоконструкция.....	16
3 Расчет каркасной конструкции.....	18
3.1 Расчет снеговой нагрузки.....	18
3.2 Расчет ветровой нагрузки.....	19
3.3 Расчет рамы на вертикальные нагрузки, приложенные к ригелю	20
3.4 Подбор материала	20
4 Статистический расчет конструкции в программе APM 3DStructure	22
Заключение	32
Список использованной литературы.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Надежность, систематичность и результативность движения для воздушных линий предъявляют жесткие запросы к полной подготовленности, сохранности, уходу и надзору за наиболее дорогим из всех видов транспортных средств — самолету.

Существенной долей, обеспечивающей те или иные требования, является полный комплекс вопросов наземного оборудования воздушных линий. Целью данной дипломной работы является построение ангара из металлических конструкций с использованием системы автоматического проектирования в инженерно-конструктивной деятельности. Ангары, составляющие один из основных элементов наземного оборудования аэролинии, требуют самого строгого и четкого внимания равно как при проектировании, так и при строительстве и эксплуатации не только в силу высказанных причин подготовленности, сохранности, обслуживания самолетомоторного парка, но и также потому, что строительная цена ангаров составляет значительную долю средств, затрачиваемых для строительства того или иного аэропорта или гидропорта.

Проектирование и постройка ангаров никоим образом не может производиться отдельно от общего процесса эксплуатации аэропорта, а напротив, целиком им должно формироваться и обуславливаться. Технически правильное и экономически рациональное проектирование, строительство и эксплуатация ангаров имеют существеннейшее значение для воздушного флота.

1 Ангары и разновидности ангаров

Ангар - это сооружение быстровозводимое из металлических конструкций, применяемое в промышленных целях. В настоящее время все более востребованным становится строительство ангаров из легких металлоконструкций (ЛМК). Применяются ангары в качестве производственных, спортивных, складских и других видов помещений. Строения и сооружения из ЛМК обладают рядом преимуществ перед, например монолитными зданиями такого же типа. К ним можно отнести: обширные варианты проектных и дизайнерских решений и оптимальную стоимость, и также быструю скорость строительства. В зависимости от внешнего вида, ангара классифицируются на:

- арочные;
- шатровые;
- ангары с вертикальными стенами;
- полигональные [2].

1.1 Разновидности ангаров

Арочный тип ангаров относится к быстровозводимым. Представляют из себя строения полукруглой формы, опоры для которого делаются в виде дуг, то есть арками. Пролеты варьируются от 9 до 30 м, высота зависит от ширины арки и может составлять от 4,5 до 12 м.



Рисунок 1 – Арочный ангар [7]

Шатровые ангары проектируются с наклонными стенами и двухскатной кровлей. Длина сооружения кратна шагу арок, но при этом она должна быть не более 60 м. Каркас такого ангара представляет из себя закрепленные шатровые арки на фундаменте, с расположением шага 3 м. Прогоня крепятся сверху поперек арок. Благодаря вертикальным и горизонтальным связям обеспечивается общая жесткость системы.



Рисунок 2 – Шатровой ангар [8]

Полигональный ангар. Основным отличием такого ангара является присутствие вертикальных стен, благодаря чему расширяется область их применения и эксплуатационные. Форма напоминает склад шатрового типа, однако различается конструкцией формообразующих арок каркаса. Используются при строительстве сооружений, где необходима большая ширина пролетов (до 50 м при высоте 15 м). Конструкции арок такого типа ангара выглядит в виде вписанной в эллипс плоской решетчатой фермы или балки двутаврового сечения. Шаг установки арок составляет от 3 м до 6 м.



Рисунок 3 – Полигональный ангар [9]

Ангараы прямостенные. В большинстве случаев не имеет ограничений по ширине, длине и высоте. Является более универсальным в эксплуатации. Ангараы такого типа имеют возможность возводить несколько пролетов и этажей. Внутри можно устанавливать грузоподъемное оборудование. Длина пролета от

12 м до 150 м. Также такой тип ангара чаще всего возводятся для хранения самолетов, оборудования и т.д.



Рисунок 4 – Прямоугольный ангар

Фундаменты для ангаров как правило делаются свайными, ленточными или столбчатыми, в зависимости от климатических условий ареала и предназначения ангара. В качестве каркаса для ангаров используют стальные прокатные профили [1].

1.2 Авиационные ангары

Авиационные ангары — это помещения, рассчитанные для стоянки, хранения, тех. обслуживания и ремонта авиационной техники. Ангары такого типа можно встретить непосредственно на аэродромах, аэропортах.

На сегодняшний день количество авиационной техники возросло. Для того чтобы, обслужить и хранить технику нужно весьма просторное помещение. Как правило ангары для легкой авиации делаются из рам, внешний вид используют арочный, он весьма легкий и надежный.

По назначению и характера использования ангары разделяются на стационарные с несущими конструкциями из металлов или железобетона, а также временные построенные из дерева и сборно-раздельными конструкциями из стали, легких сплавов, ну или с надувными конструкциями. Размер ангара определяется типом самолетом, его габаритов и оборудования необходимого для его обслуживания. По конфигурации в плане ангары бывают прямоугольные (наиболее распространенные), крестообразные, многоугольные и круглые. Высота ангаров в свету зависит от высоты самолета и тележки, применяемой для его перемещения.

В ангаростроении обычно применяются арочные, рамные или пространственные несущие конструкции с пролетами для металла до 120 м. высота А. обычно постоянная, но иногда используется и переменная высота. Основной вход в ангар снабжается воротами, которые могут располагаться с одной, двух противоположных, трех или четырех сторон здания. Наиболее простыми по конструкции и надежными в эксплуатации являются ворота раздвижные.

В целях снижения тепловых потерь при открывании ворот устраивается воздушная завеса, отклоняющая поток наружного воздуха. Для ангаров иногда применяется панельное отопление, при котором тепло равномерно распространяется по площади и высоте помещения. Полы в ангарах устраиваются бетонные, толщина определяется по нагрузке от вводимого в ангар самолета [6].

Для подробного изучения конструкции ангара, непосредственно во время дипломной практики был изучен один из ангаров авиакомпании «BEKAIR».



Рисунок 5 – Ангар авиакомпании “BEKAIR”



Рисунок 6 – Ангар авиакомпании “BEKAIR”



Рисунок 7 – Ангар авиакомпании “BEK AIR”

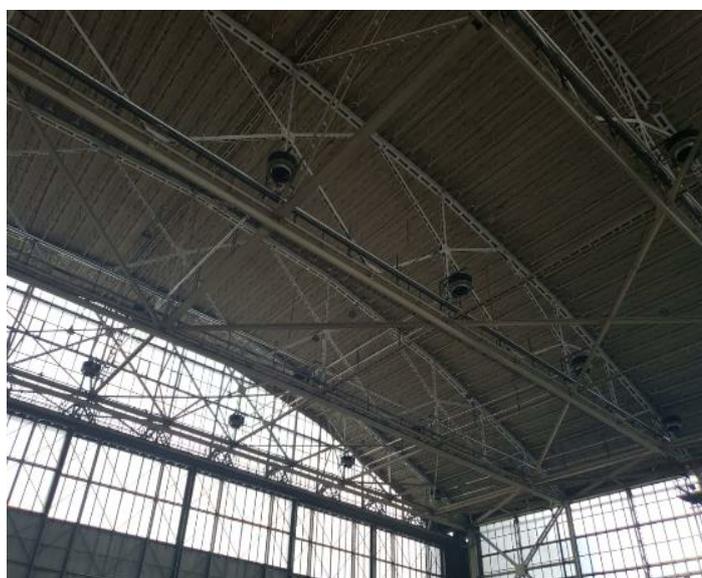


Рисунок 8 – Ангар авиакомпании “BEK AIR”

Как можно заметить ангар данного типа предназначен для самолетов гражданской авиации. В нем спокойно можно разместить два самолета, и все необходимые оборудования его обслуживания. Сама конструкции представлена в виде фермы, с различными трубными соединениями. Для такого типа ангара основной вход сделан в виде раздвигающихся ворот. Отопление такого рода ангара происходит посредством газовых труб, которые гоняет верхний теплый воздух вниз. Что благоприятно сказывается на самолетах. Освещение у такого ангара смежное, есть достаточно источника естественного света, но также и при необходимости можно включить свет из под электричества. Данный ангар был осмотрен во время производственной практики.

1.3 Внешнее покрытие ангаров

Каркас является основой для построения ангара из металлоконструкции. Технология возведения ангара каркасом предполагает использование 2-х разных материалов, которые служат для обшивки:

- оцинкованный профильный лист;
- сэндвич-панели.

Ангар первого типа предназначен для эксплуатации во время теплого периода года. Когда среднесуточная температура не опускается ниже нормы, для хранения той или иной продукции. В то время как ангар второго типа предназначен для эксплуатации на протяжении всего периода года. Строительство по каркасной технологии относится к быстровозводимым способам. Первым типом ангара (оцинкованный) относят к холодному типу ангара, а второй же (сэндвич-панель) к утепленному.

Холодные ангара (оцинкованный) металлический каркас строения обшивается стальными листами. Такой тип ангара имеет следующие преимущества:

- короткий срок возведение;
- обшивка из профильного листа обходится гораздо дешевле;

Ангара утепленные (сэндвич-панель) имеют следующие преимущества:

- поддержка внутри здания определенной температуры в независимости от периода года;

- высокая степень звукоизоляции;
- в начале строительства ангар такого типа обходится чуть дороже.

Технология строительства ангара из металлоконструкций:

- подготовить технический план задания, где даются основные требования к будущему ангару, целевое назначение и тд.

- разработать проектную документацию, где будут учитываться все требования тех. задания, результаты геодезических исследований местности;

- выполнить предварительную работу такую как закупка и доставка стройматериала, подготовить участок.

Устройство фундамента, характеристики и конструкции которого рассчитывают на этапе проектирования. Монтаж металлического каркаса, который собирают из большого количества различных элементов. Эти элементы заранее в соответствии с проектом изготавливают на производстве. На строительной площадке остается только собрать каркас, что не только удобно, но и сокращает время строительства.

Облицовка металлического каркаса профлистами или сэндвич-панелями [6].

2 Каркасная металлоконструкция

У одноэтажных зданий каркас представляет собой несущие конструкции, связанные в неизменяемую пространственную систему. Как правило во время расчетов система расчленяется на ряд плоских систем. Чтобы снизить расход стали и других материалов необходимо произвести расчет пространственной работы: целесообразность этого учета устанавливается в каждом отдельном случае исходя из конкретных условий – размеров сооружения, его конструктивной схемы, характера воздействия внешних нагрузок и других факторов.

Каркас здания при проектировании обычно расчленяют на две системы – продольную и поперечную: под нагрузкой каждая работа принимается независимо. Включают в состав этих конструкции каркасы, чья работа является существенной на всю систему и определяющей для всей системы, а все остальные конструкции, влияние которых не оказывает не оказывают эффект на систему исключают.

Каркасы колон и ригели покрытий включают в поперечную систему. А вот в продольную систему каркаса включают колонны (входящие одновременно и в поперечную систему), подстропильные конструкции, подкрановые балки, вертикальные связи, а также те продольные элементы, которые одновременно выполняют роль связевых, обеспечивая неизменяемость системы и устойчивость колонн. В зависимости от конструктивной схемы здания, определяется выбор элементов, включаемых в каждую из систем каркаса. К основным конструкциям относят те, в которых включена расчетная схема каркаса: во время расчета этих конструкций учитываются все нагрузки возникающие в результате их работы в системе каркаса, а не только непосредственно приложенные к ним нагрузки. Остальные же элементы конструкции относятся к второстепенным независимо от их функционального назначения и расположения. Во время расчета их не рассматривают, хотя в некоторых случаях их участие может оказать существенное влияние на общую жесткость.

Рамой называется - поперечная система каркаса независимо от ее конструктивной и расчетной схемы. Различают следующие виды схем в зависимости от характера сопряжения:

- жесткие;
- смешанные;
- шарнирные.

Но в моем случае используют жесткие схемы, так как необходима жесткое сопряжение между элементами.

В конструктивной схеме необходимо установить в увязке с выбираемой расчетной схемой:

- конфигурацию и основные размеры всех стержней, образующих раму;
- типы отдельных стержней рамы (сплошные или решетчатые);
- способ узловых сопряжений – сварка, клепка, болты.

Расчетная схема рамы устанавливается по решению конструктивной схемы. По схематическую чертежу определяют длины конфигурации стержней

рамы, выполненная по геометрическим осям стержней. От низа опорных колонн определяется высота. Если в чертеже нету каких-либо предварительного размера сечения элемента рамы, то геометрическая ось допускается принимать проходящей по посередине сечений.

В расчетной схеме рамы должна учитываться конструктивная особенность рассматриваемого каркаса ангара и по возможности она должна соответствовать ее конструктивной схеме. В ней должны быть установлена:

- длина всех элементов, а также ее участков с различными моментами инерции.

На предварительном определении параметров сечений элементов рам допускается:

- необходимо учитывать только главные нагрузки, не учитывать подробного сбора всех остальных разгрузок;

- ветровую нагрузку на стены и покрытия приводить к узловым;

- за исключением горизонтальных нагрузок, рассчитывать колонны на все нагрузки, не включая учет смещения узлов рамной системы без учета изгибающих моментов, возникающих в колоннах от собственного веса и веса стен и от вертикальных нагрузок, приложенных к ригелям [3].

3 Расчет каркасной конструкции

Постоянно действующие нагрузки на ригель рамы обычно принимаются равномерно распределёнными по длине ригеля.

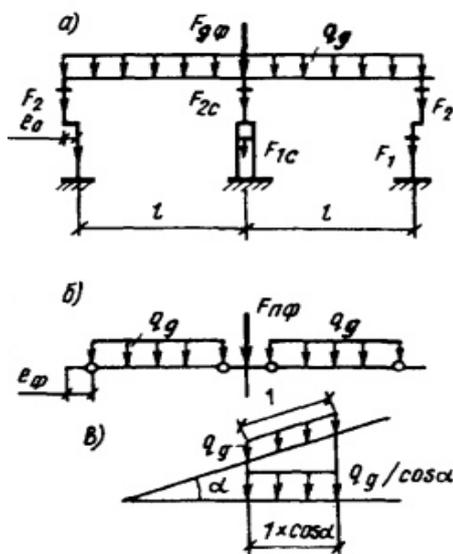


Рисунок 9 – Расчетные схемы рам при расчете на постоянные нагрузки [4]

При подсчете линейной нагрузки на ригель q_g рисунок 9, нужно спроектировать q_g на горизонтальную поверхность и собрать ширины, равной шагу стропильных ферм B_ϕ [4]:

$$q_g = \frac{gB_\phi}{\cos \alpha},$$

При шарнирном сопряжении ригеля с колонной нужно учесть внецентренность отпираания фермы на колонну (рисунок – 9), из – за которой возникает сосредоточенный момент, равный произведению опорной реакции фермы на эксцентриситет e_ϕ . При наличии подстропильных ферм на колонны передаются еще сосредоточенные силы $F_{пф}$, равные опорным реакциям подстропильных ферм. Сила $F_{пф}$ равна весу покрытия площади A_2 (рисунок -). Сила F_1 включает в себя вес верхней части колонны и вес подвесных стен выше уступа; аналогично сила F_2 включает в себя вес верхней части колонны и вес подвесных стен выше уступа; F_{1c} и F_{2c} равны весу нижней и верхней частей средней колонны [4].

3.1 Расчет снеговой нагрузки

Расчетная линейная нагрузка на ригель рамы от снега q_s определяется по формуле [4]:

$$q_s = \gamma_s \mu S_0 B_\phi,$$

где γ_s – коэффициент надежности по снеговой нагрузке;
 μ – коэффициент перехода от нагрузки на земле к нагрузке на 1 м² проекции кровли, равный при уклоне $\alpha \leq 25^\circ$ единице;
 S_0 – вес снегового покрова на земле, зависящий от района строительства, кг;
 B_ϕ – шаг фермы, м.

При сильных ветрах часть снега сносится с покрытия, поэтому при строительстве в районах с сильными зимними ветрами расчетная снеговая нагрузка может быть снижена. Также снижается нагрузка на покрытия зданий с неутепленной кровлей и уклоном для отвода талой воды при избыточных тепловыделениях. Схема рам такая же как и была до этого [4].

3.2 Расчет ветровой нагрузки

В связи с тем, что скорость ветра постоянно резко меняется, то ее относят к динамическому типу нагрузки.

Расчетная линейная ветровая нагрузка передаваемая на стойку рамы в какой-то точке по высоте, определяется по формуле [4]:

$$q_w = \gamma_w w_0 k c B,$$

где γ_w – коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1,4;
 w_0 – нормативное давление, Па;
 k – коэффициент, учитывающий высоту и защищенность от ветра другими строениями, c – аэродинамический коэффициент (для вертикальных стен $c = 0,8$ с наветренной стороны и $c = 0,6$ для отсоса);
 B – ширина расчетного блока, м.

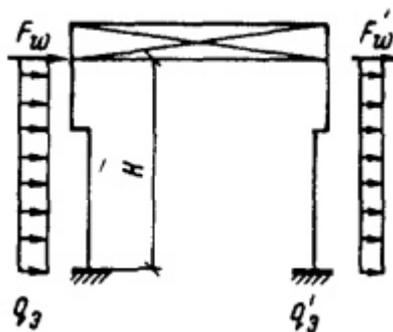


Рисунок 10 – Схема ветровой нагрузки на раму [4]

3.3 Расчет рамы на вертикальные нагрузки, приложенные к ригелю

При расчете вертикальных нагрузок, приложенные к ригелю, нельзя пренебрегать упругими деформациями ригеля. Сквозной ригель заменяется условным сплошным эквивалентной жесткостью, момент инерции которого можно определить по формуле [4]:

$$I_p = (A_{\text{вп}}z_{\text{в}}^2 + A_{\text{нп}}z_{\text{н}}^2)\mu,$$

где $A_{\text{вп}}$, $A_{\text{нп}}$ – площадь сечения верхнего и нижнего поясов фермы посередине пролета, м^2 ;

$z_{\text{в}}^2$, $z_{\text{н}}^2$ – расстояние от центра тяжести поясов до нейтральной оси ригеля в сечении посередине его пролета, м ;

μ – коэффициент, учитывающий уклон верхнего пояса и деформативность решетки, без уклона принимает значение – 0,9, при уклоне 1/8 – 0,7, при уклоне 1/10 – 0,8.

Момент инерции сквозной ригели определяется по формуле:

$$I = \frac{0.9F_1F_2}{F_1+F_2}h^2,$$

где F_1 и F_2 – площадь сечение поясов ригеля, м^2 ;

h – расстояние между осями поясов ригеля, м .

Напряжения возникающие в сечении рамы определяется по формуле:

$$[\delta] = \frac{M}{W},$$

где M – изгибающий момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$;

W – осевой момент сопротивления, $\text{Н}\cdot\text{м}$.

Коэффициент запаса прочности определяется по формуле:

$$[n] = \delta_n/[\delta],$$

где δ_n – предельное напряжение материала Па ;

$[\delta]$ – допускаемое напряжение, Па [4].

3.4 Подбор материала

В качестве стержня используется трубы стальные профильного типа по ГОСТу 8639-82. При проектировании данного ангара были выбраны трубы квадратного профиля 100x100x3. В качестве материала для труб используется сталь маркировки ст3, углеродистая сталь, конструкционная обыкновенного качества. Используется в качестве несущего элемента сварных соединений и несварных конструкций и деталей.

В качестве облицовки использовались стальные проф. листы по ГОСТу 4543-2014 45ХН2МФА. Сталь конструкционная, легированная. Предназначена для конструкционных работ.

4 Статистический расчет рамной конструкции в программе APM 3DStructure

На данном рисунке представлен чертеж ангара, его габариты и размеры.

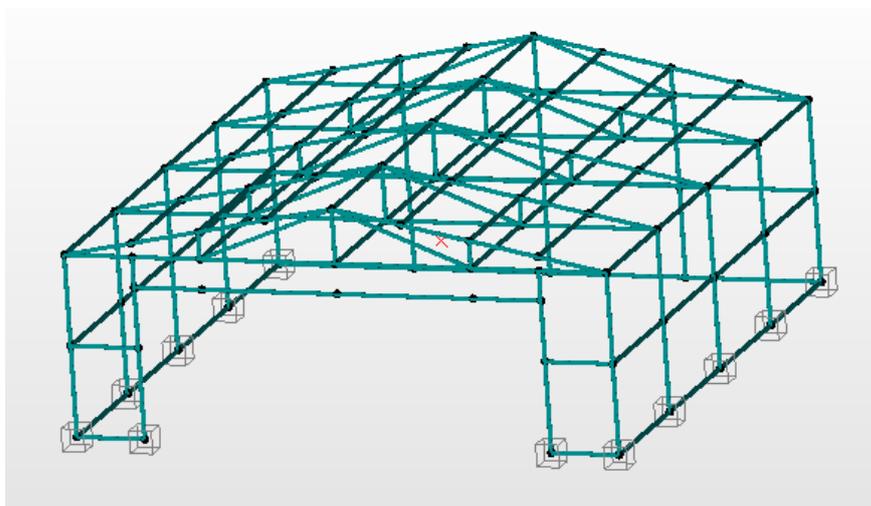


Рисунок 11 – Каркас ангара

Как можно видеть далее представлена 3D модель каркаса ангара. Сама модель была спроектирована на программе APM 3DStructure.

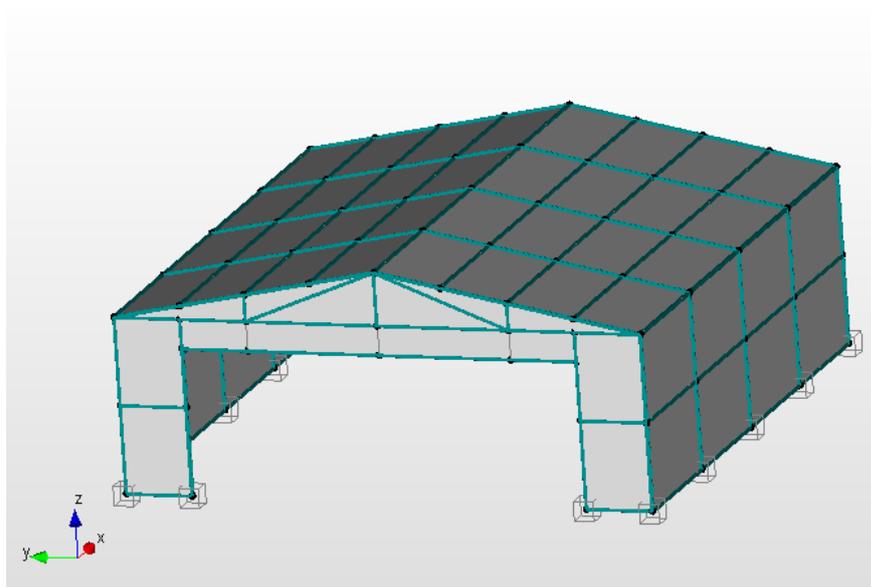


Рисунок 12 – Модель ангара

Далее каркас здания покрывается стальными оцинкованные проф. листами, это необходимо не только для показа самой модели, но и для проведения расчетов на загрузения. Задаем данной конструкции нагружения от собственного веса, и проводим статистический расчет конструкции.

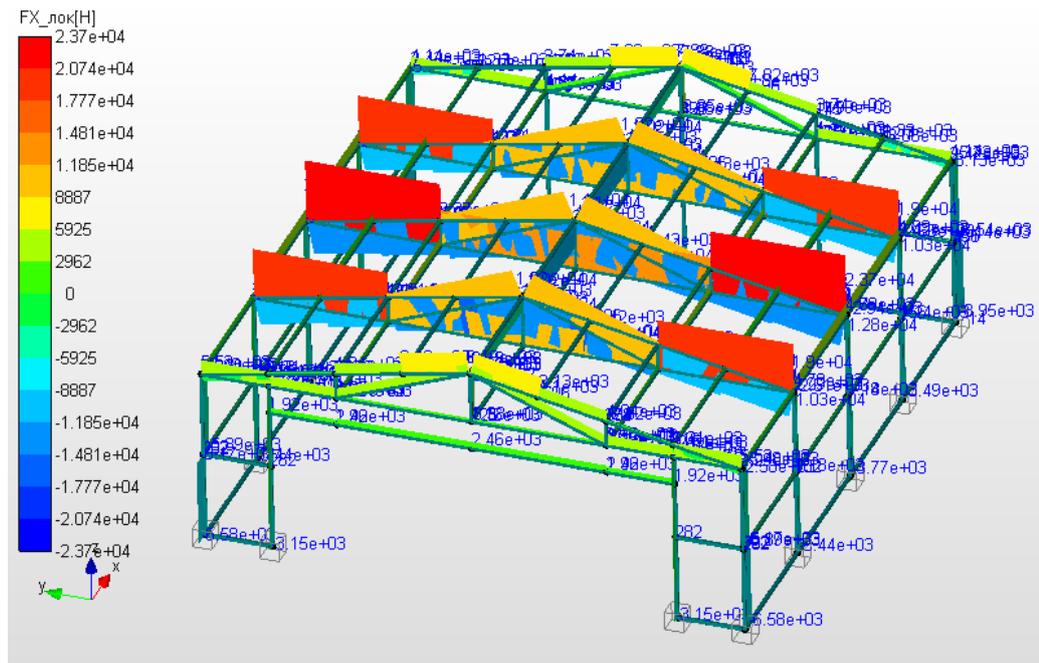


Рисунок 13 – Силовые факторы на элементы конструкции

Проведя расчет конструкции, рассматриваем параметр силовых факторов на стержни конструкции. Здесь непосредственно можно увидеть, где больше сил накладывается на каждый элемент конструкции. Самые большие силовые нагрузки получают рамы верхней боковой части по обе стороны $2,37e+04$ Н.

Реакции в опорах

Тип расчета: Статический расчет Загружение: от собственного веса

N	N узла	Rx [H]	Ry [H]	Rz [H]	Mx [H*мм]	My [H*мм]	Mz [H*мм]	UX [мм]	UY [мм]	UZ [мм]	ROTX [градус]	ROTY [градус]	ROTZ [градус]
1	0	818.05	442.04	12151	60716	-1.9094e+05	93.36	0	0	0	0	0	0
2	3	818.05	-442.04	12151	-60716	-1.9094e+05	-93.36	0	0	0	0	0	0
3	14	211.78	168.2	8472.7	-2.9275e+05	-3134.5	1648	0	0	0	0	0	0
4	17	211.78	-168.2	8472.7	2.9275e+05	-3134.5	-1648	0	0	0	0	0	0
5	28	-79.629	192.55	7793.7	-3.3715e+05	-721.11	15.834	0	0	0	0	0	0
6	31	-79.629	-192.55	7793.7	3.3715e+05	-721.11	-15.834	0	0	0	0	0	0
7	42	-82.144	168.97	9034.9	-2.9404e+05	3528.4	-1757.4	0	0	0	0	0	0
8	45	-82.144	-168.97	9034.9	2.9404e+05	3528.4	1757.4	0	0	0	0	0	0
9	56	-878.72	3582.9	18832	2.3113e+05	1.9165e+05	39660	0	0	0	0	0	0
10	59	-878.72	-3582.9	18832	-2.3113e+05	1.9165e+05	-39660	0	0	0	0	0	0
11	88	10.663	576.59	4536.8	37579	19871	-760.59	0	0	0	0	0	0
12	89	10.663	-576.59	4536.8	-37579	19871	760.59	0	0	0	0	0	0

Суммарные реакции выделенных опор

Rx : 818.05 Ry : 442.04 Rz : 12151 RSUM : 12186

Mx : 60716 My : -1.9094e+05 Mz : 93.36 MSUM : 2.0036e+05

Показ векторов реакций: Rx Ry Rz Mx My Mz

Показывать значения

Сохранить... Еще... Фильтры >>>

Копировать в буфер ОК

Рисунок 14 – Реакции в опорах

Рассматриваем реакции опор на каждом стержне конструкции.

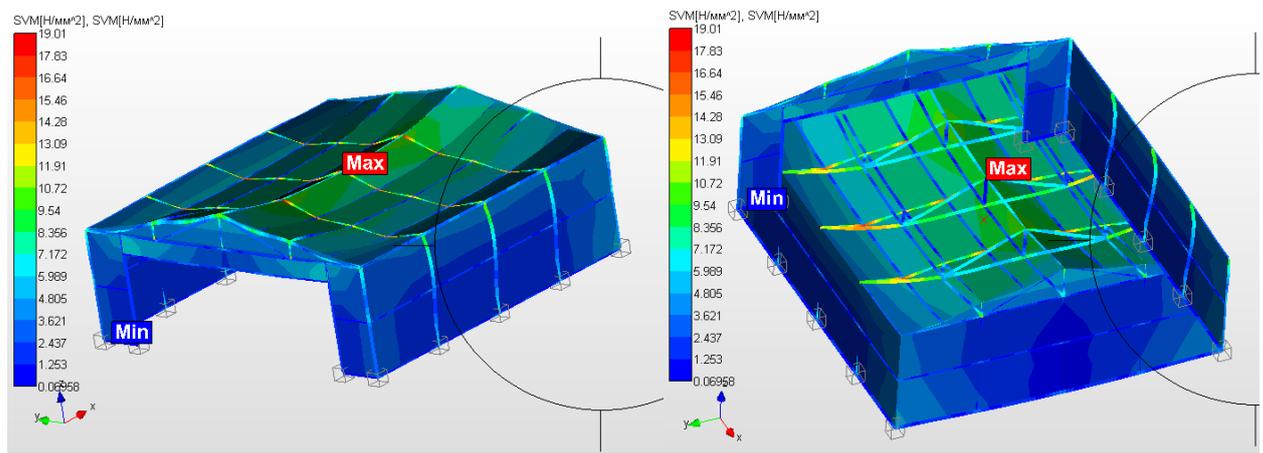


Рисунок 15 – Напряжение от собственного веса

После задачи напряжения, выявляется индикатор, показывающий максимальное и минимальное напряжение в конструкции. Максимальное напряжение возникает в месте соединения стержней на верхней части конструкции, на боковой части по обе стороны.

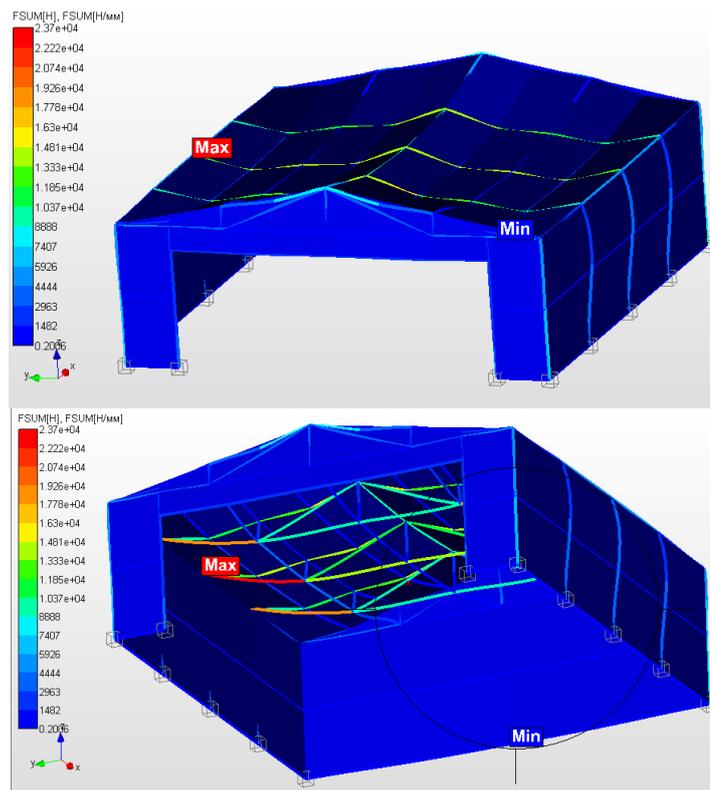


Рисунок 16 – Нагрузка от собственного веса

Далее мы исследуем нагрузки. Проведя анализ, появляется индикатор нагрузок, а на конструкции отмечается места максимальной и минимальной нагрузки. Как можно заметить максимальные нагрузки появляются на верхней части конструкции по середине с обеих сторон.

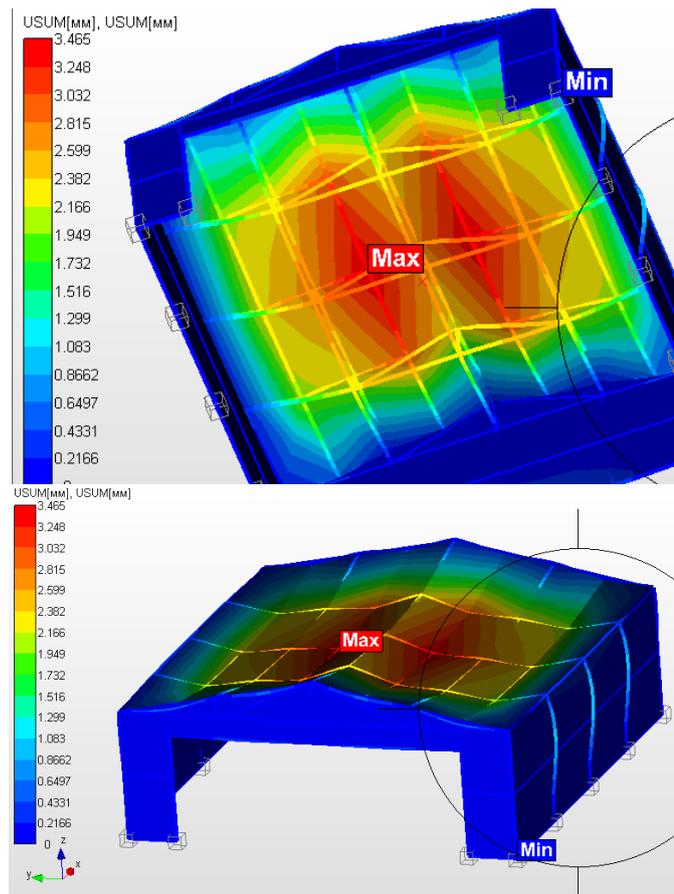


Рисунок 17 – Перемещение от собственного веса

Следующий тип исследования это исследование на перемещение. Как можно заметить максимальное перемещение возникает на крыше конструкции, а именно по середине, где максимальное перемещение составляет 3,465 мм, в то время как минимальное перемещение наблюдается на боковых частях конструкции.

После задачи нагрузок от собственного веса, мы задаем снеговые нагрузки. По СНиПу Алматинская область относится к 6 региону снеговой и ветровой загруженности.

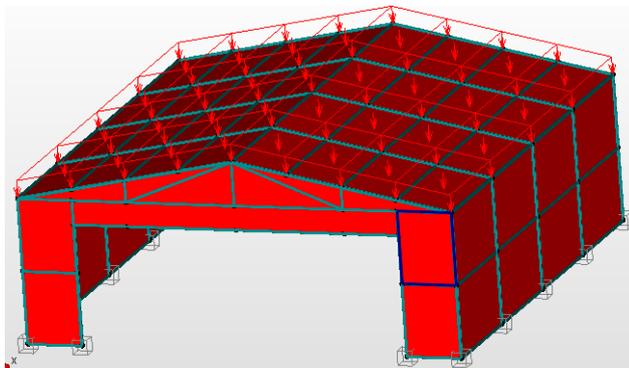


Рисунок 18 – Снеговая нагрузка

Непосредственно на конструкцию задаем снеговую нагрузку. По загрузению выбираем 6 регион. Далее рассматриваем реакции опор после наложения снеговых нагрузок.

Реакции в опорах

Тип расчета: Статический расчет Загружение: вес+снег

N	N узла	Rx [H]	Ry [H]	Rz [H]	Mx [H*мм]	My [H*мм]	Mz [H*мм]	UX [мм]	UY [мм]	UZ [мм]	ROTX [градус]	ROTY [градус]	ROTZ [градус]
1	0	7764.1	3219.5	93426	2.955e+05	-2.2568e+05	8995.9	0	0	0	0	0	0
2	3	7764.1	-3219.5	93426	-2.955e+05	-2.2568e+05	-8995.9	0	0	0	0	0	0
3	14	4089.9	1957.9	61282	-3.3953e+06	44431	14157	0	0	0	0	0	0
4	17	4089.9	-1957.9	61282	3.3953e+06	44431	-14157	0	0	0	0	0	0
5	28	-308.07	2270.6	57192	-3.9574e+06	-2079.3	17.434	0	0	0	0	0	0
6	31	-308.07	-2270.6	57192	3.9574e+06	-2079.3	-17.434	0	0	0	0	0	0
7	42	-3680.9	1961.7	62543	-3.4013e+06	-41002	-14695	0	0	0	0	0	0
8	45	-3680.9	-1961.7	62543	3.4013e+06	-41002	14695	0	0	0	0	0	0
9	56	-7928.8	19765	1.2081e+05	7.8678e+05	2.3091e+05	3.17e+05	0	0	0	0	0	0
10	59	-7928.8	-19765	1.2081e+05	-7.8678e+05	2.3091e+05	-3.17e+05	0	0	0	0	0	0
11	88	63.764	3974.7	25571	-52356	1.2715e+05	-6399.4	0	0	0	0	0	0
12	89	63.764	-3974.7	25571	52356	1.2715e+05	6399.4	0	0	0	0	0	0

Суммарные реакции выделенных опор
 Rx: 7764.1 Ry: 3219.5 Rz: 93426 RSUM: 93803
 Mx: 2.955e+05 My: -2.2568e+05 Mz: 8995.9 MSUM: 3.7193e+05

Показ векторов реакций: Rx Ry Rz Mx My Mz
 Показывать значения

Рисунок 19 – Реакции в опорах во время снеговых нагрузок

Как можно заметить реакции опор после наложения снеговых нагрузок изменились, некоторые параметры увеличились в несколько раз.

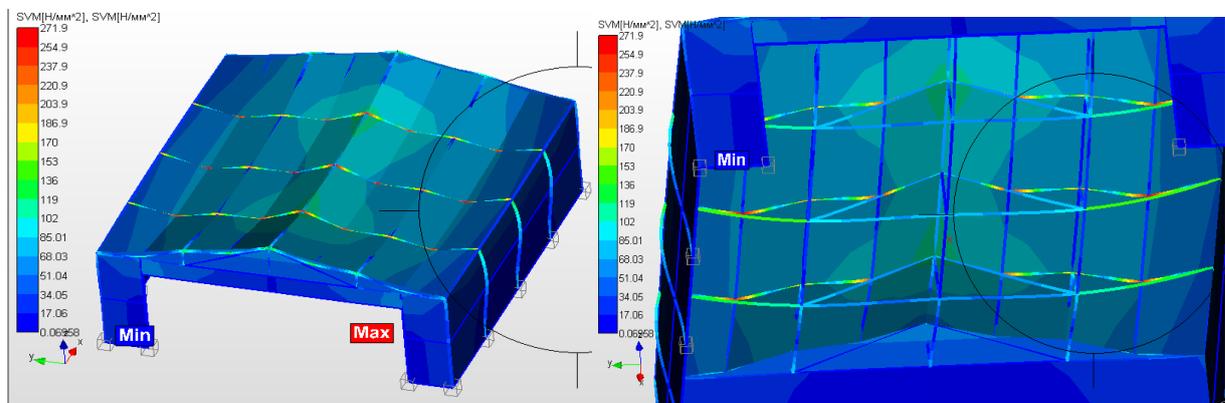


Рисунок 20 – Напряжение от снеговых нагрузок

После задачи снеговых нагрузок, изменились места максимального напряжения. Теперь максимальное напряжение можно рассмотреть только в местах соединения узлов.

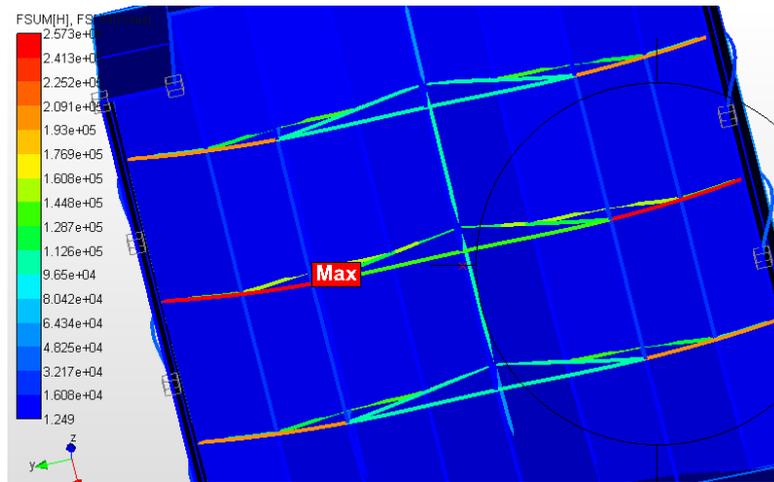


Рисунок 21 – Нагрузка от снеговых нагрузок

Изменились также и параметры нагрузок, они увеличились. Но все те же места нагрузок остались, изменения только в увеличениях на те места нагрузок.

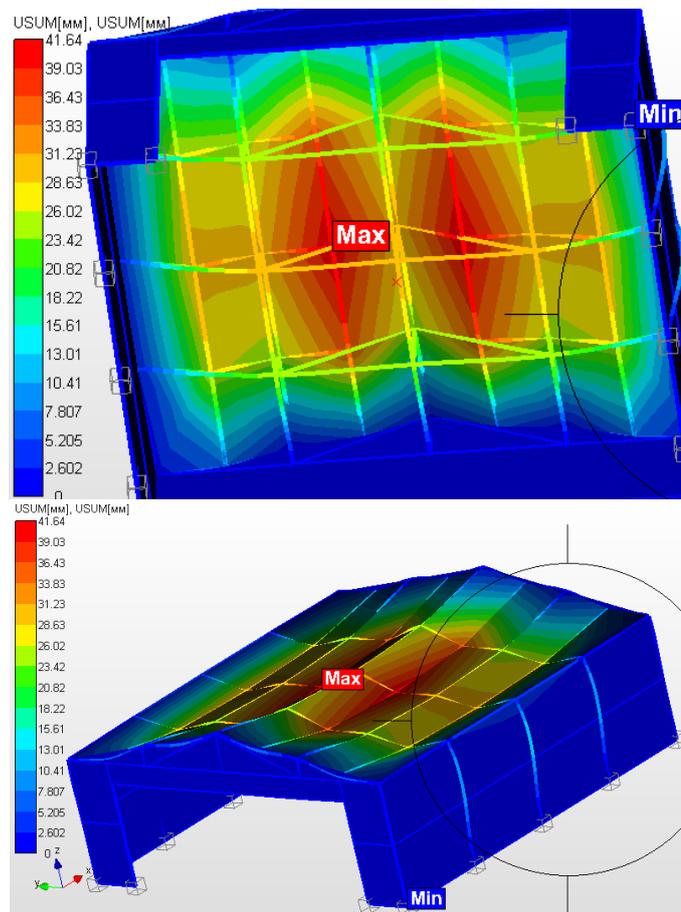


Рисунок 22 – Перемещение от снеговых нагрузок

Почти в 10 раз увеличились перемещение от снеговых нагрузок.

После снеговых нагрузок, задаем ветровые нагрузки, все те же климатические параметры по СНИПу. Выбираем 6 регион. Далее проверяем реакцию опоры после ветровых нагрузок.

Реакции в опорах

Тип расчета: Статический расчет Загружение: Ветровое нагружение

N	N узла	Rx [H]	Ry [H]	Rz [H]	Mx [H*мм]	My [H*мм]	Mz [H*мм]	UX [мм]	UY [мм]	UZ [мм]	ROTX [градус]	ROTY [градус]	ROTZ [градус]
1	0	1758.5	-3660.3	1741.8	2.2795e+05	-2.2635e+05	-6.9439e+06	0	0	0	0	0	0
2	3	-122.37	-4544.4	22559	1.0652e+05	-1.5553e+05	-6.9441e+06	0	0	0	0	0	0
3	14	2493	-1652.8	9488.7	-2.7334e+05	-22863	29450	0	0	0	0	0	0
4	17	-2069.5	-1989.2	7456.8	3.1217e+05	16594	26154	0	0	0	0	0	0
5	28	1679.4	-1626.9	9989	-3.2344e+05	14000	-495.05	0	0	0	0	0	0
6	31	-1838.6	-2012	5598.4	3.5087e+05	-15442	-526.72	0	0	0	0	0	0
7	42	1394.7	-1646.5	10048	-2.9001e+05	39578	-18767	0	0	0	0	0	0
8	45	-1559	-1984.5	8021.3	2.9806e+05	-32521	-15253	0	0	0	0	0	0
9	56	63.382	-12542	8472.9	3.3336e+05	2.4192e+05	4.7566e+06	0	0	0	0	0	0
10	59	-1820.8	-19707	29192	-1.289e+05	1.4138e+05	4.6773e+06	0	0	0	0	0	0
11	88	-48.538	-4735.8	-8679.5	1.2952e+05	-1.4856e+05	42476	0	0	0	0	0	0
12	89	69.864	-5889	17753	54358	1.883e+05	43997	0	0	0	0	0	0

Суммарные реакции выделенных опор

Rx : 1758.5 Ry : -3660.3 Rz : 1741.8 RSUM : 4418.6

Mx : 2.2795e+05 My : -2.2635e+05 Mz : -6.9439e+06 MSUM : 6.9513e+06

Показ векторов реакций: Rx Ry Rz Mx My Mz

Сохранить... Еще... Фильтры >>>

Показывать значения Копировать в буфер ОК

Рисунок 23 – Реакция опоры во время ветрового нагружения

Все 3 параметра реакции опор отличаются друг от друга. После задачи ветровых они также увеличились.

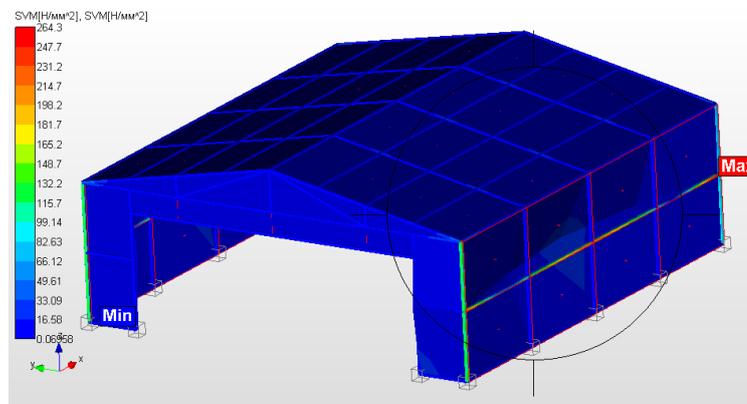


Рисунок 24 – Напряжение от ветровых нагрузок

После задачи напряжения зона напряжения изменилась в сторону боковой грани конструкции. Большую нагрузку получает середина боковой грани конструкции.

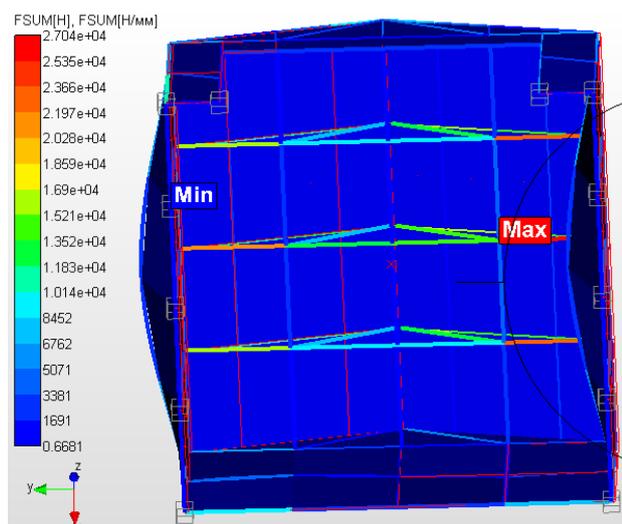


Рисунок 25 – Нагрузка возникающая от ветра

Нагрузка возникающая от ветра также отличается. Большую нагрузку получает та часть конструкции, которая первая попадает под ветреную сторону.

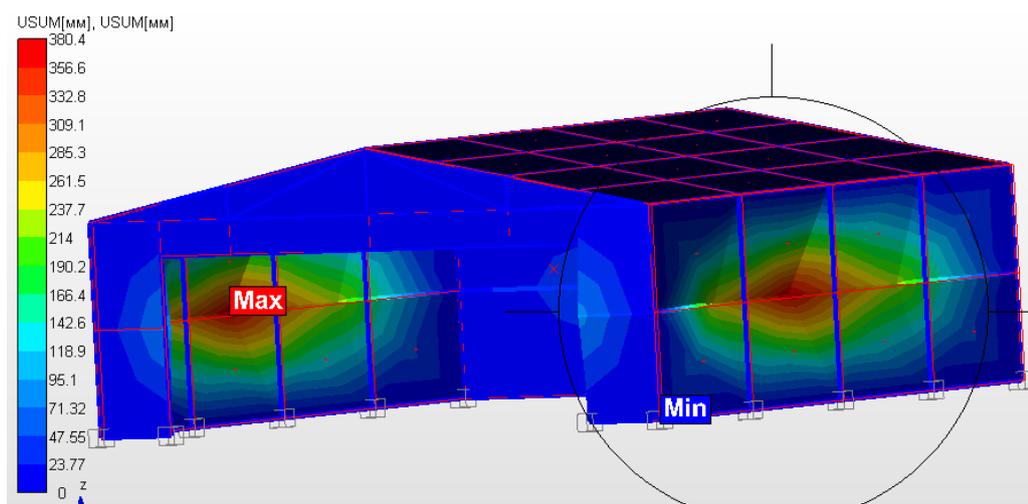


Рисунок 26 – Перемещение от ветровых нагрузок

После получения ветровых нагрузок, перемещение получает боковая часть конструкции, а именно середина.

После проведения нагрузок от 3 составляющих, объединяем все эти нагрузки. Чтобы данная конструкция при эксперименте была подвержена всем 3 нагрузкам.

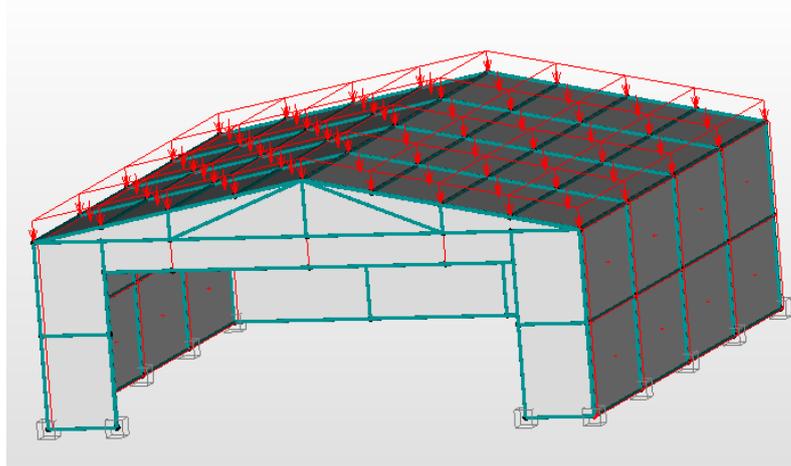


Рисунок 27 – Задаем нагрузку от всех 3 параметров (собственный вес, снег, ветер)

Реакции в опорах

Тип расчета: Статический расчет Загружение: ветровое, снеговое, от собственного

N	N узла	Rx [H]	Ry [H]	Rz [H]	Mx [H*мм]	My [H*мм]	Mz [H*мм]	UX [мм]	UY [мм]	UZ [мм]	ROTX [градус]	ROTY [градус]	ROTZ [градус]
1	0	8704.5	-882.83	83017	4.6274e+05	-2.6109e+05	-6.935e+06	0	0	0	0	0	0
2	3	6823.6	-7321.8	1.0383e+05	-1.2827e+05	-1.9027e+05	-6.953e+06	0	0	0	0	0	0
3	14	6371.2	136.91	62298	-3.3759e+06	24703	41960	0	0	0	0	0	0
4	17	1808.7	-3779	60266	3.4147e+06	64159	13645	0	0	0	0	0	0
5	28	1450.9	451.11	59388	-3.9437e+06	12642	-493.45	0	0	0	0	0	0
6	31	-2067.1	-4090.1	54997	3.9712e+06	-16801	-528.32	0	0	0	0	0	0
7	42	-2204.1	146.22	63556	-3.3972e+06	-4952	-31705	0	0	0	0	0	0
8	45	-5157.7	-3777.2	61529	3.4053e+06	-77052	-2314.4	0	0	0	0	0	0
9	56	-6986.7	3640.9	1.1045e+05	8.8902e+05	2.8118e+05	5.0339e+06	0	0	0	0	0	0
10	59	-8870.9	-35890	1.3117e+05	-6.8455e+05	1.8063e+05	4.3999e+06	0	0	0	0	0	0
11	88	4.5631	-1337.7	12355	39580	-41274	36837	0	0	0	0	0	0
12	89	122.96	-9287.1	38787	1.4429e+05	2.9558e+05	49636	0	0	0	0	0	0

Суммарные реакции выделенных опор
 Rx: 8704.5 Ry: -882.83 Rz: 83017 RSUM: 83477
 Mx: 4.6274e+05 My: -2.6109e+05 Mz: -6.935e+06 MSUM: 6.9553e+06

Показ векторов реакций: Rx | Ry | Rz | Mx | My | Mz
 Показывать значения Сохранить... Еще... Фильтры >>> Копировать в буфер OK

Рисунок 28 – Реакция опоры от всех нагрузок

Как можно заметить реакции опоры значительно всем предыдущих результатов.

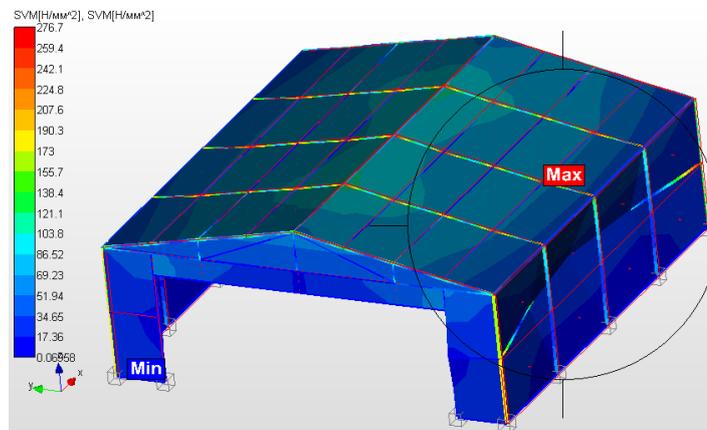


Рисунок 29 – Напряжение от всех нагрузок

Больше всего напряжение возникает на верхней кровле конструкции в местах соединения рам.

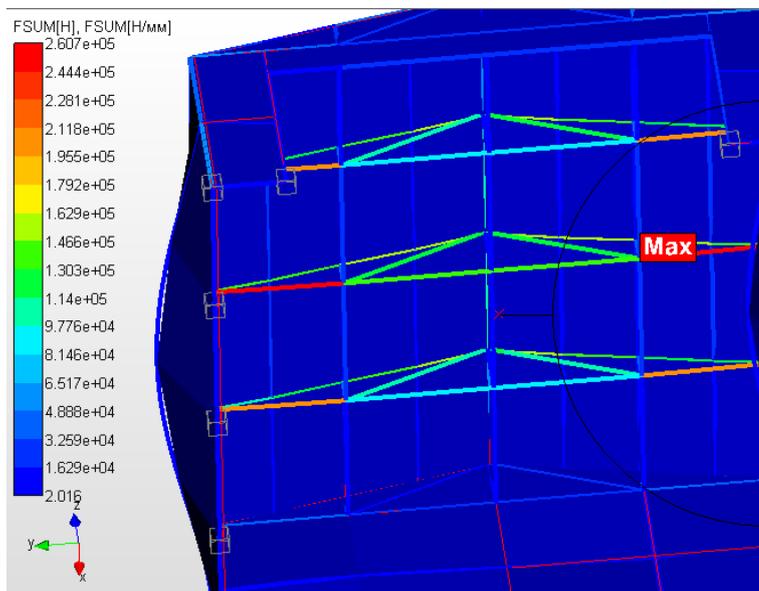


Рисунок 30 – Нагрузка от всех элементов нагружения

Можно заметить максимальные нагрузки появляются на верхней части конструкции по середине с обеих сторон. Значит, если при наличии больших нагрузок, именно эта часть конструкции сломается первой.

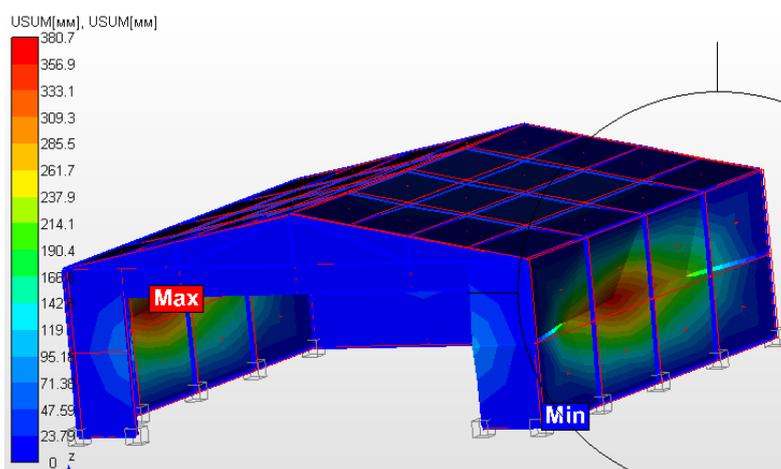


Рисунок 31 – Перемещение возникающие от всех нагрузок

На рисунке 31 присутствуют все возможные перемещения, возникающие при заданных нагрузках [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной дипломной работы было спроектировать ангар из металлических конструкций для самолетов. Была использована программное средство проектирование APM 3DStructure для проектировки данной конструкции.

Данная программа достаточно эффективна, и ее внедрение в производстве конструкций весьма эффективно скажется. Так с помощью данной программы значительно повысится скорость проектирования, подготовки конструкторской и технической документации, и в свою очередь скорость выпуска и дальнейшей эксплуатации продукции.

Кроме проектирования конструкции и подготовкой к ней технической документации, также были произведены статистические нагрузки на данную конструкцию. Специализированные возможности обеспечиваются уникальным набором инструментов, позволяющих создавать пользовательские объекты, управлять их поведением и передавать данные в табличные формы.

Это показатель того, что данную программу необходимо интегрировать в среду деятельности всех инженеров-конструкторов, а также ввести процесс обучения для инженеров-машиностроителей. Потому что именно на наших плечах лежит поднятие индустриальной промышленности всего Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 <https://avrial.ru/voprosy/vidy-angarov>
- 2 <http://alpstroyontazh.ru/poleznye-statyi-o-stroitelstve/6-vidy-angarov>
- 3 Н.П. Мельникова. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Строиздат. Металлические конструкции. 1980. – 776 с. – (справочник проектировщика): ил.
- 4 Г.С. Веденикова, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева, Ю.И. Кудишин, А.Б. Пуховский, Б.Ю. Уваров, Т.Н. Морачевский, Д.Н. Стрелецкий. Металлические Конструкции, Стройпиздат, 1998. – 760 с.: ил.
- 5 А.А. Замрий. Практический учебный курс. САД/САЕ система АРМ WinMachine. Учебно-методическое пособие – М: Москва, издательство АПМ, 2008. – 144 с.: ил.
- 6 <https://www.pkvesta.ru/products/appointment/hangar/aviaangary>
- 7 <http://www.skifstroy.ru/production/angary/>
- 8 <https://metallgarant-spb.ru/constr/angaryi/shatrovyie-angaryi/m>
- 9 <http://angar.pro/vidyi-angarov/poligonalnyij-angar.html>
- 10 <https://enstroygroup.ru/pryamostennie-angari.php>

ДР. 5B071200.19

Перв. примен.

Справ. №

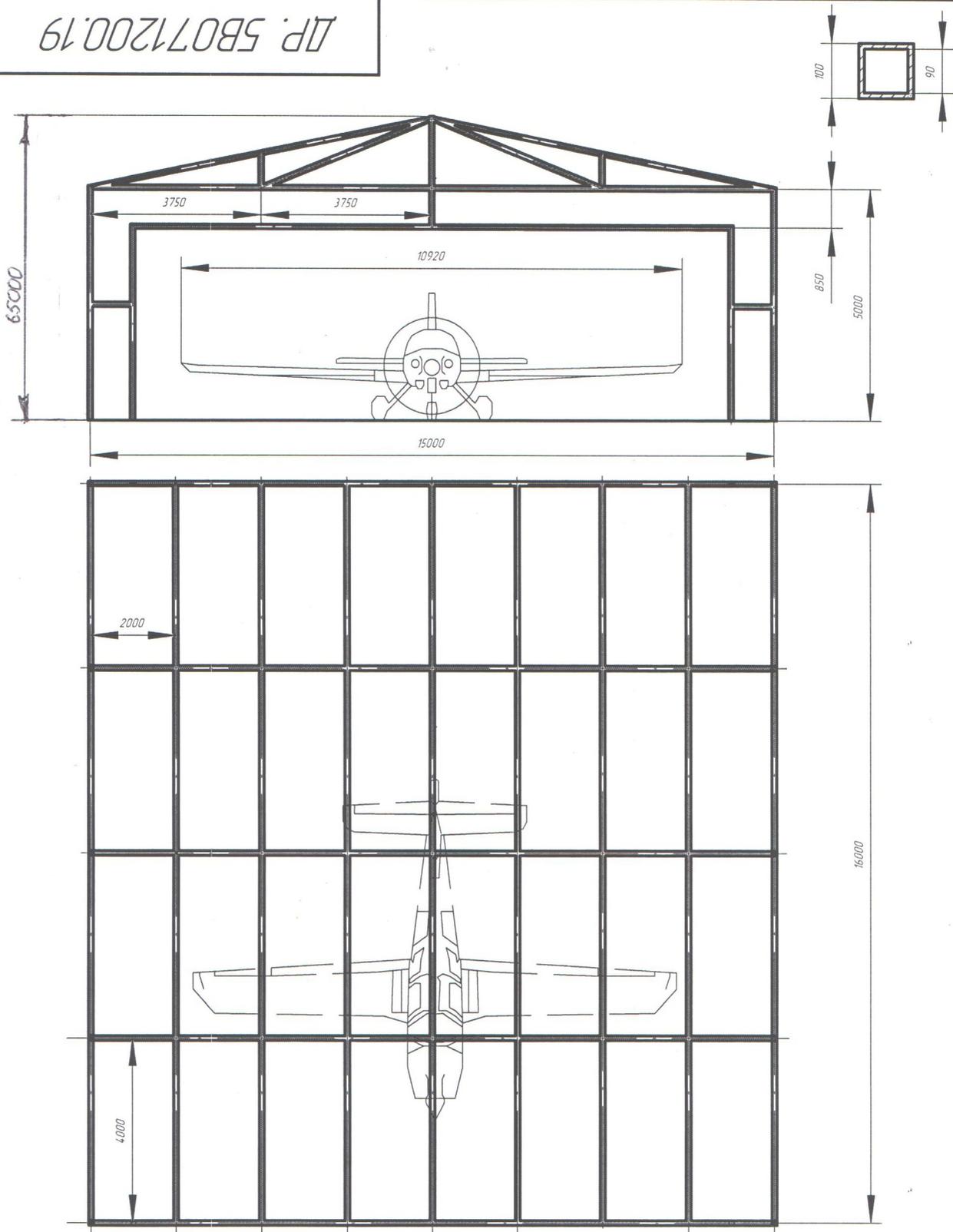
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



ДР. 5B071200.19

Ангар

Сталь 3 ГОСТ 8639-82

Лист	Масса	Масштаб
------	-------	---------

1:100

Лист	Листов	1
------	--------	---

Satbayev University
Кафедра СМУТМП