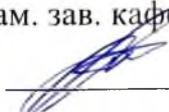


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет инженерно-физический
Кафедра стартовые и технические ракетные комплексы
Направление подготовки 24.03.01 – Ракетные комплексы и космонавтика
Направленность (профиль) образовательной программы – Ракетно-космическая техника

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зам. зав. кафедрой


В.В.Соловьев
« 14 » июля 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка узлов стартовой системы для РКН "Союз 2" этап 1в, в составе стартового комплекса КЦ "Восточный"

Исполнитель
студент группы 617-об


10.07.2020
(подпись, дата) О.О. Гаврилов

Руководитель
Доцент, к.т.н.


10.07.2020
(подпись, дата) В.В. Соловьев

Нормоконтроль
ассистент


10.07.2020
(подпись, дата) М.А. Аревков

Благовещенск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет инженерно-физический
Кафедра стартовые и технические ракетные комплексы
Направление подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

УТВЕРЖДАЮ
Зам. зав. кафедрой
В.В. Соловьев
«10 апреля 2020 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Гаврилова Олега Олеговича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка узлов стартовой системы для РКН «Союз 2» этап 1в, в составе стартового комплекса КЦ «Восточный»

(утверждена приказом от 14.04.2020 № 711-уч)

2. Сроки сдачи студентом законченной работы 14.07.2020

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: комплект чертежей стартовой системы «Союз 2» космодрома «Восточный», руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию стартовой системы, научная литература, отчеты по практикам

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): описание стартовой системы, моделирование агрегата в ППП SolidWorks, расчёт напряженно-деформированного состояния УН, оценка технологичности конструкции, составление технологических карт сборки-сварки изделия.

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, иллюстративного материала и т.п.) цели и задачи бакалаврской работы, стартовая система для РКН «Союз 2», нижний силовой пояс вид сбоку, нижний силовой пояс вид сверху, устройство направляющее общий вид, кронштейн устройства направляющего общий вид, технологическая карта сварки изделия, технологическая карта сборки-сварки изделия, вывод по проделанной работе.

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) нет

7. Дата выдачи задания 20.04.2020

Руководитель выпускной квалификационной работы: Соловьев Владислав Викторович, доцент, канд. техн. наук

Задание принял к исполнению (дата): 20.04.2020


(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 63 страниц, 8 рисунков, 29 таблиц, 14 источников.

СТАРТОВЫЙ КОМПЛЕКС, СТАРТОВАЯ СИСТЕМА, РАКЕТА – НОСИТЕЛЬ, РАКЕТА КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ, СИСТЕМА УДЕРЖАНИЯ, ФЕРМА, КРОНШТЕЙН, СИЛОВОЙ ПОЯС, ПОВОРОТНЫЙ КРУГ.

Цель работы – разработка агрегатов для стартовой системы «Союз 2» Космодрома «Восточный», для возможности его перевода в конфигурацию запуска «Союз 2.1В»

Задачи:

1. Изучить устройство стартовой системы РКН «Союз 2» стартового комплекса космодрома «Восточный», определить ключевые отличия в устройстве стартовой системы для РКН «Союз 2» этапов 1а, 1б и 1в;
2. Разработать дополнительное оборудование для перевода стартовой системы «Восточного» в конфигурацию запуска РН «Союз 2.1В»;
3. Произвести моделирование нагрузок на разработанное устройство;
4. Определить технологичность конструкции;
5. Экономически обосновать внедрение разработки на космодром «Восточный».

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	6
1.1 Постановка задачи	6
1.2 Описание стартовой системы	6
1.3 Отличительные особенности пусковой установки для РН «Союз-2» этап 1в	11
1.4 Разработка универсальной стартовой системы для РКН «Союз- 2» этапов 1а, 1б и 1в	11
2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	14
2.1 Постановка задачи	14
2.2 Расчетная схема УН	14
2.3 Моделирование агрегата в ППП SolidWorks	15
2.3.1 Нагрузки в узлах модели	17
2.3.2 Расчет напряженно-деформированного состояния УН	18
2.3.3 Расчет минимально допустимых значений коэффициен- тов запаса	30
2.3.4 Результаты расчета	31
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	33
3.1 Назначение и краткое описание конструкции изделия	33
3.2 Анализ технических требований и выявление технологических задач	34
3.3 Оценка технологичности конструкции	37
3.4 Технологическая карта сварки изделия	37
3.5 Нормирование технологических процессов	42
3.6 Испытание	43
4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	45
4.1 Анализ опасных и вредных факторов при сборке-сварке изде- лия	45
4.2 Методика проведения расчета системы вентиляции для участ- ка проведения сварочных операций	49
4.3 Определение систем фильтрации и вытяжной вентиляции	52
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	55
5.1 Экономическое обоснование разработки агрегатов стартовой системы для РКН «Союз-2» этапа 1в	55
5.2 План работы над проектированием	55
5.3 Себестоимость проектирования	56
5.4 Стоимость разработки агрегатов стартовой системы	59
5.5 Анализ затрат на проектирование	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	62

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной дипломной работы является разработка узлов стартовой системы для РКН «Союз» этап 1в, в составе стартового комплекса «Восточный».

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить устройство стартовой системы РКН «Союз 2» стартового комплекса космодрома «Восточный».
2. Определить ключевые отличия в устройстве стартовой системы для РКН «Союз 2» этапов 1а, 1б и 1в
3. Разработать дополнительное оборудование для перевода стартовой системы «Восточного» в конфигурацию запуска РКН «Союз 2.1В».
4. Выполнить типовые расчёты для разработанного оборудования.

Предметом исследования является совокупность теоретических знаний направленных на разработку и модернизацию стартовых систем.

Объектом исследования являются стартовые системы РКН «Союз» этапов 1а, 1б и 1в.

В данной выпускной квалификационной работе используются работы отечественных предприятий и конструкторских бюро, разрабатывающих и производящих как отдельные элементы, так и стартовые системы в целом.

1 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Постановка задачи

Изучить устройство и назначение стартовой системы для РКН «Союз-2» этапов 1а, 1б и 1в.

1.2 Описание стартовой системы

Стартовый комплекс РКН «Союз» является собой организованный в инженерном эквиваленте участок местности с комплексом сооружений, включающим в себя общетехническое и технологическое оборудование.

Предназначение стартовой системы заключается в приеме ракеты космического назначения, доставляемой на транспортно-установочном агрегате с технического комплекса.

Состав стартового комплекса РКН «Союз»:

- строительные сооружения со всем перечнем технических систем;
- технологическое оборудование;
- специальное технологическое оборудование.

Стартовое сооружение является основной постройкой стартового комплекса РКН «Союз» и представляет собой монолитную железобетонную конструкцию с козырьком. Этот козырек базируется своей консольной частью на массивных колоннах с проемом. Кроме этого, в стартовом сооружении находятся помещения для размещения различных технологических систем, обеспечивающих предстартовую подготовку РКН, а также помещение для выдвигной кабины обслуживания хвостовой и донной частей РН при предстартовой подготовке.

Стартовая система РКН «Союз» является уникальной по техническому решению схемы установки, удержания и пуска РКН в вертикально-подвешенном положении и представляет собой металлоконструкцию, состоящую из неподвижной и подвижной частей.

Неподвижная часть (базируется на козырьке стартового сооружения) складывается из двухниточного рельсового кольца, гидропривода с редуктором,

благодаря которым подвижная часть системы может совершать движение по кругу, упорных роликов, предотвращающих смещение подвижной части в радиальном направлении, гидродомкратов со стопорами.

Основу подвижной части стартовой системы составляет поворотный круг, собранный из отдельных стальных литых секторов, в каждом из которых смонтирован гидродомкрат подвески.

На внешней стороне поворотного круга смонтирован зубчатый венец, находящийся в постоянном зацеплении с ведущими шестернями редукторов гидропривода неподвижной части ПУ и кольцевой рельс, при помощи которого поворотный круг совершает свое движение по упорным роликам неподвижной части стартовой системы.

На поворотном круге смонтированы остальные элементы поворотной части стартовой системы:

- четыре основания, установленные на секторах поворотного круга во взаимно перпендикулярных плоскостях;
- основание верхней кабельной мачты (ВКМ);
- четыре направляющих устройства (УН), установленные на внутренней поверхности поворотного круга в тех же плоскостях, в которых установлены основания НС и ОФ;
- две нижние кабельные мачты (НКМ), установленные на внутренней поверхности поворотного круга.

Кроме того на поворотном круге установлены основания агрегатов стартового оборудования, не входящих в стартовую систему:

- два основания колонн агрегата обслуживания, установленные на секторах поворотного круга в тех же плоскостях, в которых установлены нижние кабельные мачты стартовой системы;
- два основания кабель-заправочной мачты, установленные на секторах поворотного круга по обеим сторонам от основания верхней кабельной мачты стартовой системы.

Рельсы железнодорожного пути, по которому перемещается транспортно-установочный агрегат, проложены и на поворотном круге стартовой системы (между основаниями I и IV). Рельсы на поворотном круге имеют откидные участки для соединения с рельсами стартового сооружения.

Каждое основание НС и ОФ представляет собой стальную силовую конструкцию ферменного типа, облицованную металлическими листами.

Несущая стрела - пространственная сварная конструкция из стальных труб. Нижний оголовок стрелы с помощью сферического подшипника соединен с шаровой осью опоры стрелы, установленной на основании. Опора стрелы обеспечивает восприятие усилий от несущей стрелы и передачу их на основание, а также передачу на НС вертикального движения от электродомкрата. Через верхний оголовок стрелы вес РКН передается на несущую стрелу. Кроме того, верхний оголовок НС обеспечивает удержание РКН от боковых перемещений при ее нахождении в стартовой системе и направляет движение РКН на начальном участке движения при старте.

Опорная ферма представляет собой сварную металлоконструкцию из труб, на нижней части которой расположены две опоры, установленные на основании. В нижней части опорной фермы расположен противовес. Вверху опорная ферма оканчивается площадкой, на которую установлен сектор силового пояса.

В сектор силового пояса встроен механизм растяжки, а на секторе расположен механизм перемещения (оба механизма с ручными приводами), пульт местного управления электродомкратами с размещенным на нем аппаратом управления и сигнализации электроприборов электродомкрата.

Механизм растяжки соединяет верхний оголовок несущей стрелы с сектором силового пояса, осуществляя передачу на конструкцию верхнего силового пояса горизонтальной составляющей нагрузки на несущую стрелу от веса РКН. Кроме этого механизм растяжки обеспечивает перемещение верхней части несущей стрелы для введения ее оголовка в «карман» силового конуса бокового блока при установке РКН.

Механизм перемещения служит для поперечного перемещения верхних оголовков несущих стрел при установке ракеты и удержания оголовков от поперечных перемещений.

Направляющие устройства изготовлены из листовой стали и металлических труб. В нижней части каждого устройства базируются:

- 1) направляющая головка с захватом;
- 2) ловитель электроразъемов РН;
- 3) направляющие устройства УН-11 и УН-IV;

Направляющие устройства УН-11 и УН-IV имеют боковые кронштейны со стопорами для стабилизации нижних кабельных мачт.

Захваты направляющих головок УН обеспечивают фиксацию хвостовой части РКН и ее направление на начальном участке движения РКН при пуске.

Установка направляющих устройств в рабочее положение осуществляется при помощи установленных в поворотном круге гидродомкратов – тормозов, которые также выполняют функцию плавного торможения и безударной остановки при отбросе направляющих устройств из рабочего положения в исходное при пуске.

Верхняя и нижние кабельные мачты представляют собой сварные конструкции, выполненные из труб и листовой стали. Предназначены для подвода к РН кабельных коммуникаций с электроразъёмами, обеспечивающих питание электроэнергией РКН до её пуска от наземных источников, а также связь I-II ступеней РН с наземным оборудованием. Нижние кабельные мачты устанавливаются в рабочее положение с помощью смонтированных в поворотном круге гидродомкратов – тормозов и закрепляются в этом положении к боковым кронштейнам направляющих устройств с помощью стопоров, что обеспечивает их фиксацию положения в пространстве. Верхняя кабельная мачта в рабочее положение подводится с помощью гидродомкрата, установленного в основании верхней кабельной мачты.

Для торможения опорных ферм и верхней кабельной мачты, отходящих в процессе пуска РКН под действием противовесов, предусмотрены специальные

буферы, прикрепленные к основаниям I, II, III и IV и к основанию верхней кабельной мачты.

Для отстыковки и отвода электроразъемов I-II ступеней РН при пуске на рамах УН и на НКМ предусмотрены специальные ловители, а на ВКМ – механизмы пружинного отвода.

Вращение поворотной части стартовой системы осуществляется с помощью привода поворотного круга.

Привод поворотного круга (ПК) стартовой системы состоит из насосной установки и двух гидромоторов с редукторами, установленных на отметке «минус 2.0 метра» на двух диаметрально противоположных позициях, и гарантирует вращение поворотного круга. Шестерни редукторов соединены с зубчатым венцом на боковой поверхности поворотного круга.

В упорный кольцевой рельс над зубчатым венцом поворотного круга упираются упорные ролики, закрепленные на фундаменте вокруг ПК, чем исключается смещение поворотной части стартовой системы в горизонтальной плоскости вращения.

Поворотный круг опирается на 96 катков с гидравлической подвеской.

Благодаря общей гидросистеме достигается необходимая равномерность распределения нагрузки посредством гидроцилиндров на опорные катки.

Из общего числа катков, находящихся на опорном рельсовом кольце, 16 катков, расположенных группами по 4 катка под каждым основанием НС и ОФ, предназначены для наклона ПК относительно горизонта по двум взаимноперпендикулярным направлениям, чем обеспечивается вертикализация РКН. Эти катки имеют гидроцилиндры подвески, которые выделены в самостоятельные системы, каждая из которых имеет насос для перекачивания рабочей жидкости из одной пары гидроцилиндров подвески в другую пару, расположенную диаметрально противоположно первой, вследствие чего происходит наклон ПК в одном направлении.

Все усилия от веса поворотной части с РКН воспринимаются остальными 80 катками гидроподвески. Катки, предназначенные для вертикализации, вос-

принимают только усилия от моментов, опрокидывающих поворотную часть агрегата (моменты от ветровой нагрузки, неравномерности распределения нагрузки на ПК и т.д.).

Стартовая система имеет следующий перечень подсистем:

- 1) система управления и сигнализации силового электрооборудования;
- 2) электросистема управления гидроприводами;
- 3) система контроля положения основных узлов агрегата;
- 4) система телефонной связи;
- 5) система освещения.

В каждом из 4-х оснований размещен силоизмерительный прибор, предназначенный для определения усилий, приходящих на несущие стрелы от массы РКН.

Пульт управления разворотом поворотного круга и щит управления гидродомкратами подвески поворотного круга расположены в железобетонном сооружении командного пункта стартовой системы, расположенном на «нулевой» отметке стартового сооружения.

1.3 Отличительные особенности пусковой установки для РН «Союз-2» этапа 1в

Ракета-носитель «Союз-2.1В» отличается от РН «Союз-2.1 А» и «Союз-2.1Б» отсутствием боковых блоков и наличием двигателя НК-33А.

В целом технология подготовки РН «Союз-2.1» этапа В аналогична технологии подготовки РН «Союз-2.1» этапа А и «Союз-2.1» этапа Б. При пусках РН «Союз-2.1» этапа В используют разгонный блок «Волга».

Технический и стартовый комплексы на космодроме Восточный позволяют обеспечить подготовку на них не только РН среднего класса «Союз-2.1А» и «Союз-2.1Б», но и РН легкого класса «Союз-2.1В». При этом объем доработок стартового комплекса под пуски РН «Союз-2.1В» является минимальным.

1.4 Разработка универсальной стартовой системы для РКН «Союз-2» этапов 1а , 1б и 1в

Для обеспечения пуска РН «Союз-2.1 В» стартовый комплекс космодрома Восточный необходимо дооборудовать.

В конструкции РН «Союз-2.1В» отсутствуют боковые блоки, следовательно, необходимо доработать систему удержания РН на старте.

Для осуществления установки РН «Союз-2.1В» в стартовую систему «Союз-2» Космодрома Восточный необходимо дооборудовать устройства направляющие нижнего силового пояса.

Конструктивно разрабатываемое устройство должно быть схожим на устройство направляющее, чтобы при её установке УН для «Союз-2.1В» имело однотипную конструкцию.

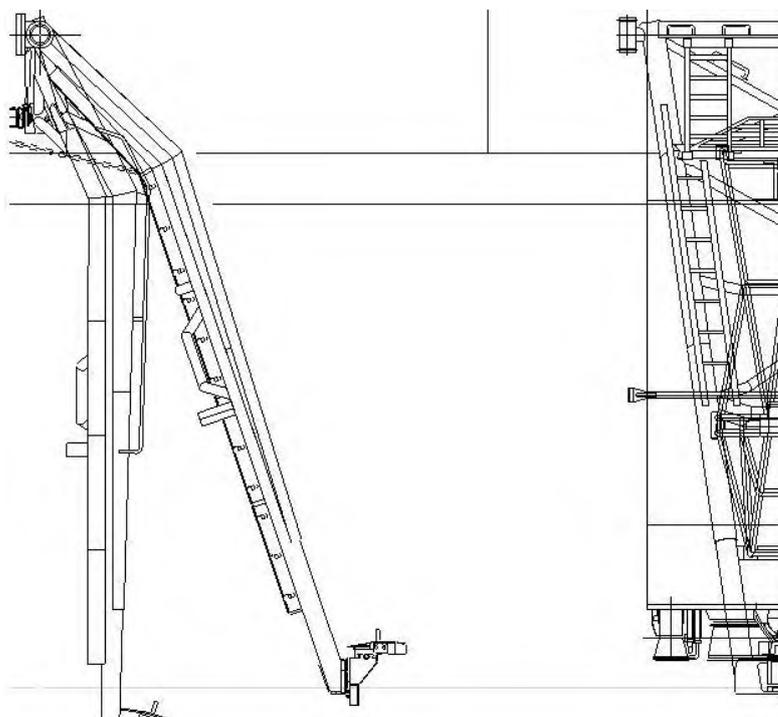


Рисунок 1.1 – Устройство направляющее стартовой системы «Союз-2»

Дополнительным требованием к разрабатываемому устройству состоит в том, чтобы кронштейн, удерживающий РН «Союз-2.1В», соответствовал техническим требованиям, а именно к высоте расположения силового кольца, находящегося на первой ступени РН.

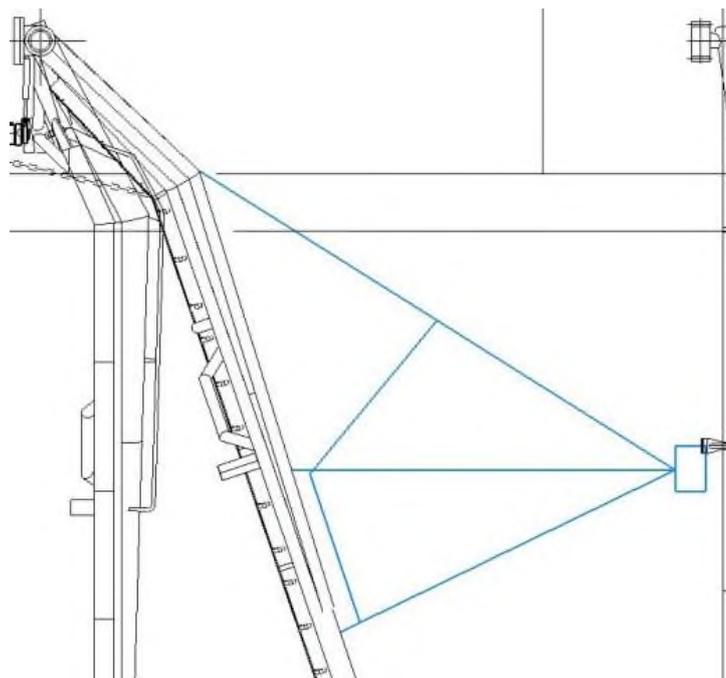


Рисунок 1.2 – Схематичное изображение разрабатываемого устройства

Изготавливать устройство следует из литых труб круглого сечения, так как они являются оптимальными по своим массогабаритным характеристикам. Материалом разрабатываемого изделия принять литую легированную сталь, так как при своей невысокой стоимости она обладает высокими прочностными характеристиками. Применение и подбор другого материала нецелесообразен по причине многократного увеличения стоимости как и комплектующих, так и в процессов изготовления и сборки.

Разработка и внедрение изделия, соответствующего всем требованиям позволит осуществлять запуски РН «Союз-2» этапа 1в со стартового комплекса «Союз-2» Космодрома Восточный.

Данное дооборудование стартового комплекса потребует введения дополнительных операций при подготовке стартового комплекса к установке РН «Союз-2.1В» на пусковое устройство. В связи с этим в технологический график подготовки необходимо ввести новую операцию – перевод стартового комплекса из конфигурации пуска РН «Союз-2» этапов 1А и 1Б в конфигурацию пуска РН «Союз-2.1В».

2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Постановка задачи

Разработать дополнительные агрегаты для УН для перевода стартовой системы «Восточного» в конфигурацию запуска РН «Союз 2.1В». Провести расчет оборудования.

2.2 Расчетная схема УН

Непосредственно перед началом проектирования фермы необходимо выбрать расчетную схему. Она должна точно описывать форму разрабатываемой модели, точно показывать распределение напряжений.

В первую очередь важно определить жесткостные характеристики конструкции, и матрицу жесткости. Жесткостные свойства определяются перемещениями от заданных нагрузок, а они в свою очередь складываются из деформаций по всей конструкции. Для расчета жесткостных характеристик оптимально применить упрощенную расчетную схему конструкции, с учетом всех её основных особенностей. Элементы конструкции следует заменить на простые стержни.

Расчетная схема позволяет:

- увидеть пространственное строение разрабатываемого агрегата;
- построить матрицу жесткости конструкции;
- рассмотреть распределение усредненных напряжений в элементах конструкции.

Физическая модель конструкции (упрощенная расчетная схема) изображена на рисунке 2.1. Она представляет собой пространственную стержневую систему, узлы которой являются жесткими телами, соединенными между собой стержнями.

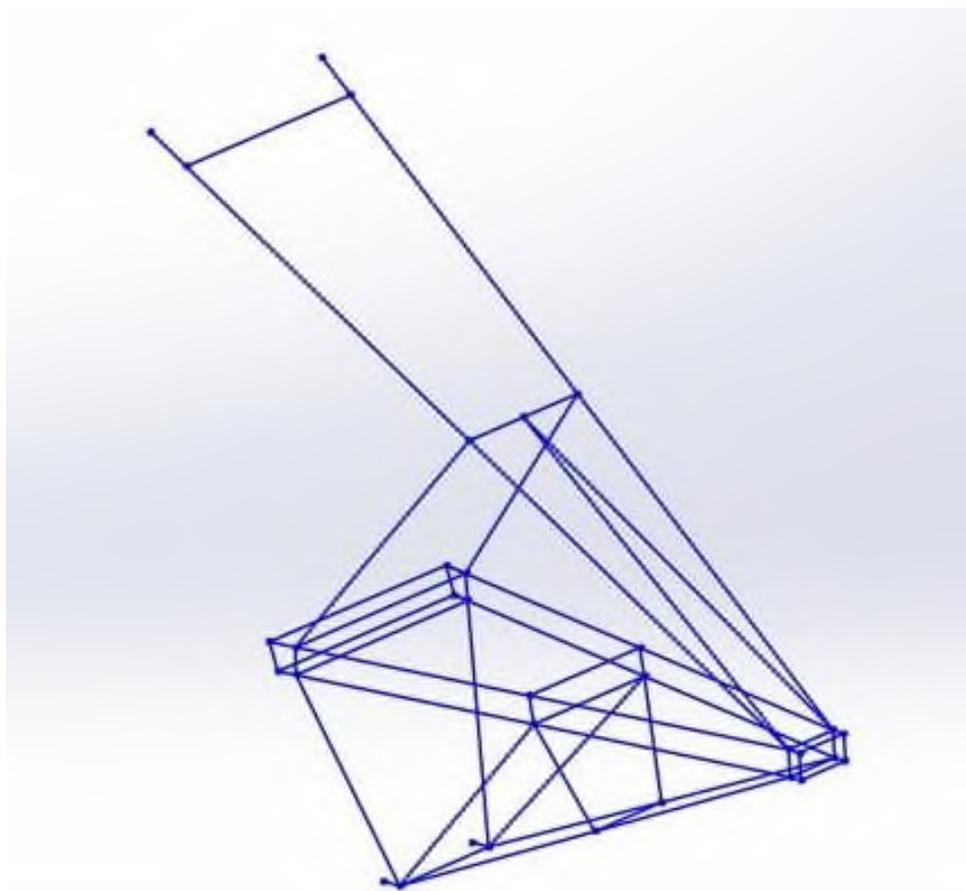


Рисунок 2.1 – Расчётная схема агрегата стартовой системы

2.3 Моделирование агрегата в ППП SolidWorks

На основе расчетной схемы, используя ППП SolidWorks, строим модель и задаем материал деталей для агрегата. Опираясь на ГОСТ 8732-78, выбираем трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Внешний диаметр – 89 мм, толщина стенки – 7 мм. Материал – литая легированная сталь. Марка – 08X18H10T, класс – сталь коррозионно-стойкая жаропрочная

Таблица 2.1 – Химический состав стали 08X18H10T

Химический элемент	Содержание, %
Углерод (C)	0,08
Кремний (Si)	0,8
Марганец (Mn)	2

Никель (Ni)	9-11
Сера (S)	0,02
Фосфор (P)	0,035
Хром (Cr)	18
Медь (Cu)	0,3
Железо (Fe)	65

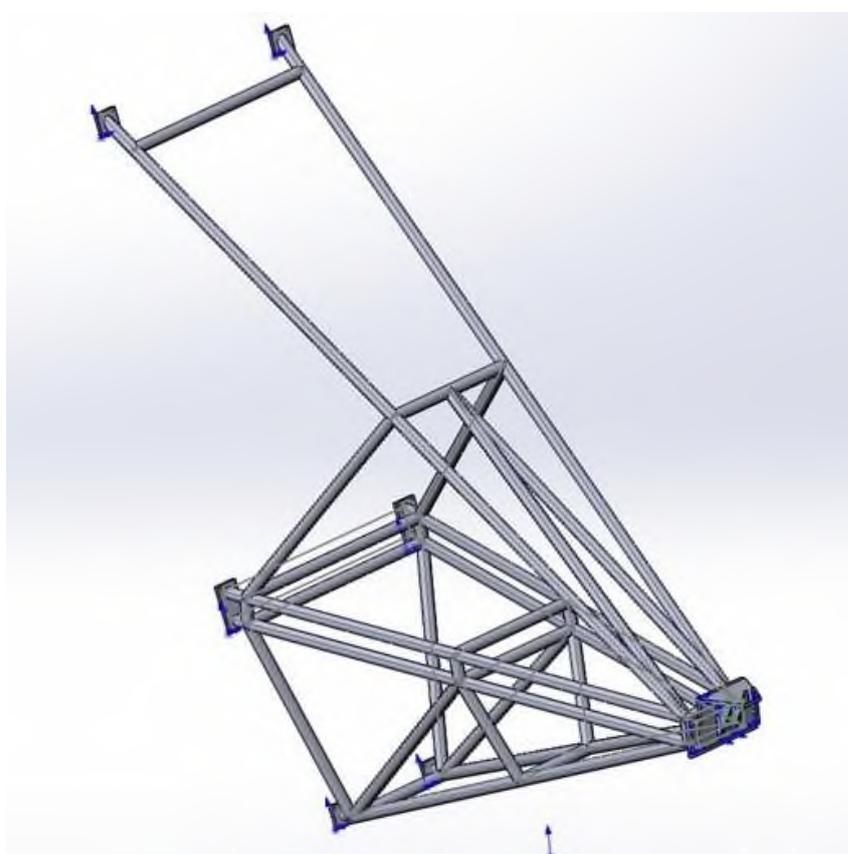


Рисунок 2.2 – Ферма устройства направляющего

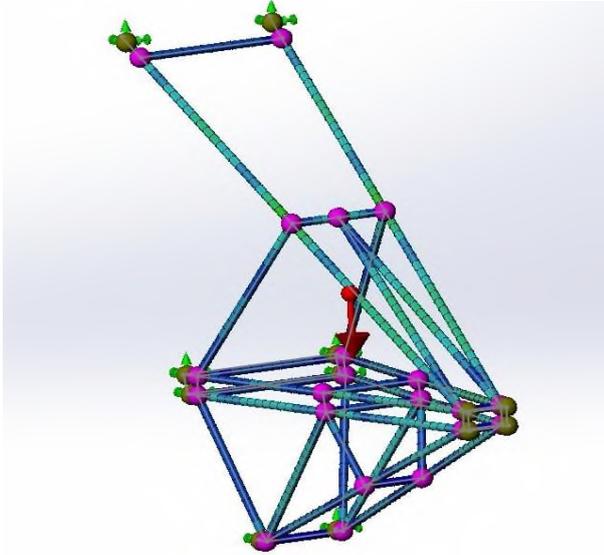
Опираясь на ГОСТ 19903-90, для изготовления креплений фермы и кронштейна выбран прокат листовой горячекатаный. Толщина листа – 30 мм. Материал – сталь конструкционная. Марка – Ст3, класс – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества.

Таблица 2.2 – Химический состав стали Ст3

Химический элемент	Содержание, %
Углерод (C)	0,14-0,22
Кремний (Si)	0,15-0,3
Марганец (Mn)	0,4-0,65
Никель (Ni)	0,3
Сера (S)	0,05
Фосфор (P)	0,04
Хром (Cr)	0,3
Азот (N)	0,008
Медь (Cu)	0,3
Серебро (As)	0,08
Железо (Fe)	97

2.3.1 Нагрузки в узлах модели

Таблица 2.3 – Напряжение в узлах модели

Исходные данные	<p>Вес конструкции – 933 кг</p> <p>Сила тяжести – $9,81 \text{ м/с}^2$</p> <p>Предел текучести – $\sigma_T = 6,20 \cdot 10^8 \text{ Па}$</p>
Ферма	
Результаты расчета	<p>Верхняя граница напряжений $\sigma_T = 2,65 \cdot 10^6 \text{ Па}$</p>

2.3.2. Расчет напряженно-деформированного состояния УН

Таблица 2.4 – Напряжение при сжатии

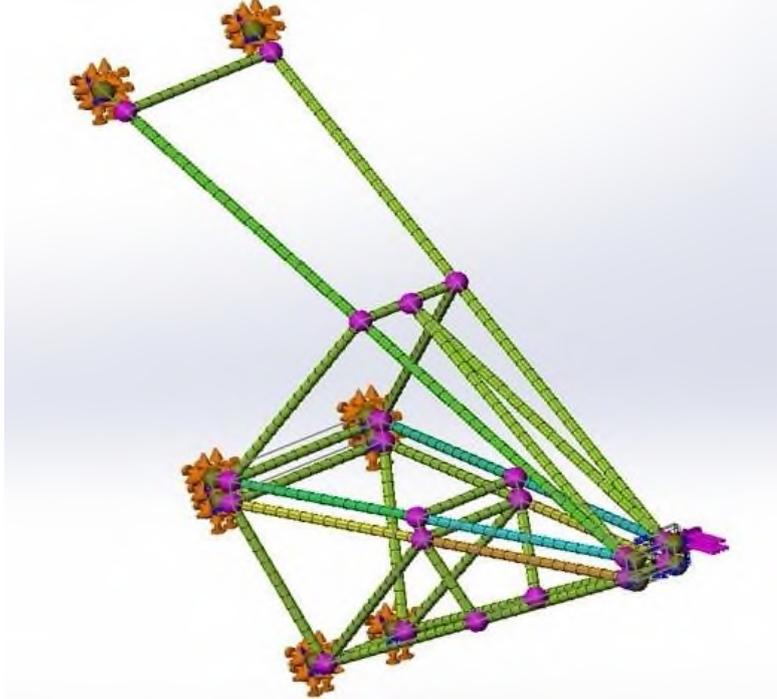
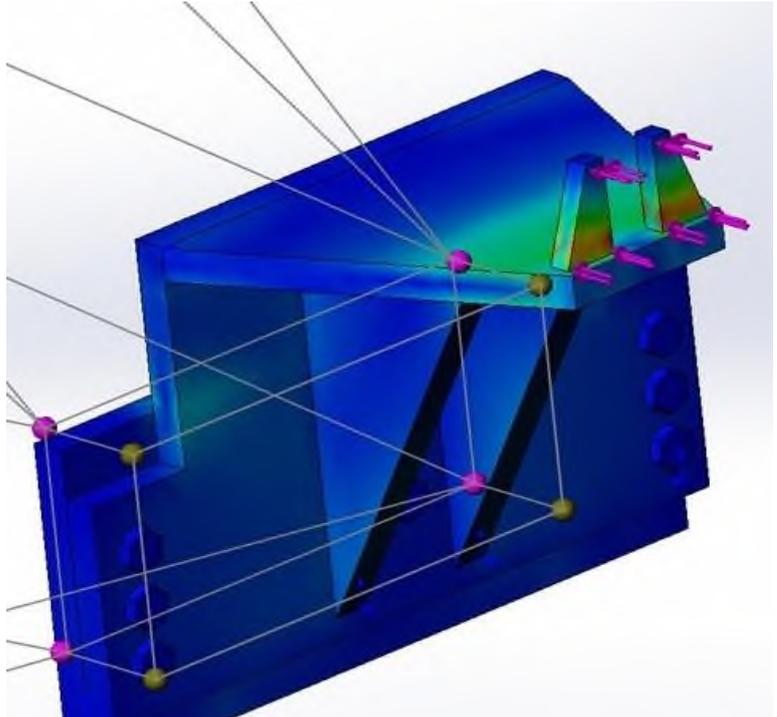
Исходные данные	Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН Предел текучести – $\sigma_T = 6,20 \cdot 10^8$ Па
Ферма	
Кронштейн	
Результаты расчета	Верхняя граница напряжений $\sigma_T = 2,92 \cdot 10^8$ Па

Таблица 2.5 – Перемещения при сжатии

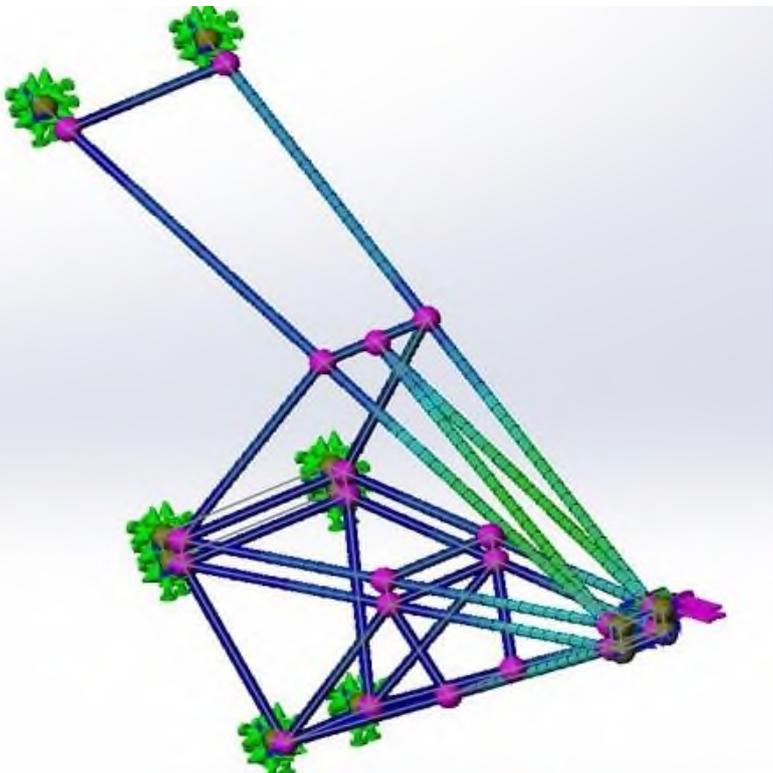
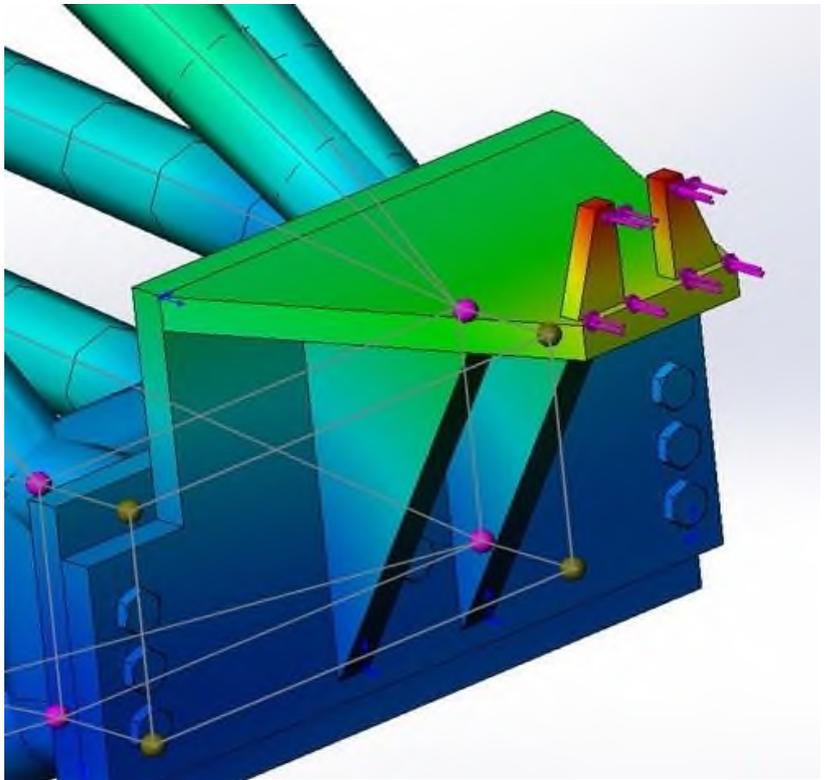
<p>Исходные данные</p>	<p>Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН</p>
<p>Ферма</p>	
<p>Кронштейн</p>	
<p>Результаты расчета</p>	<p>Перемещение фермы – до 1,752 мм Перемещение кронштейна – до 3,188 мм</p>

Таблица 2.6 – Деформация при сжатии

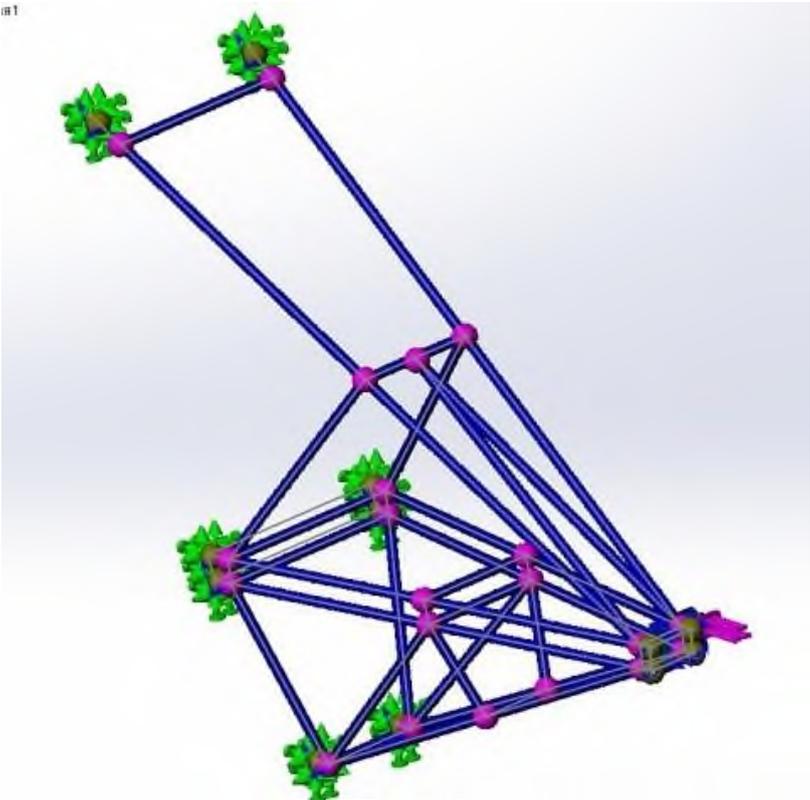
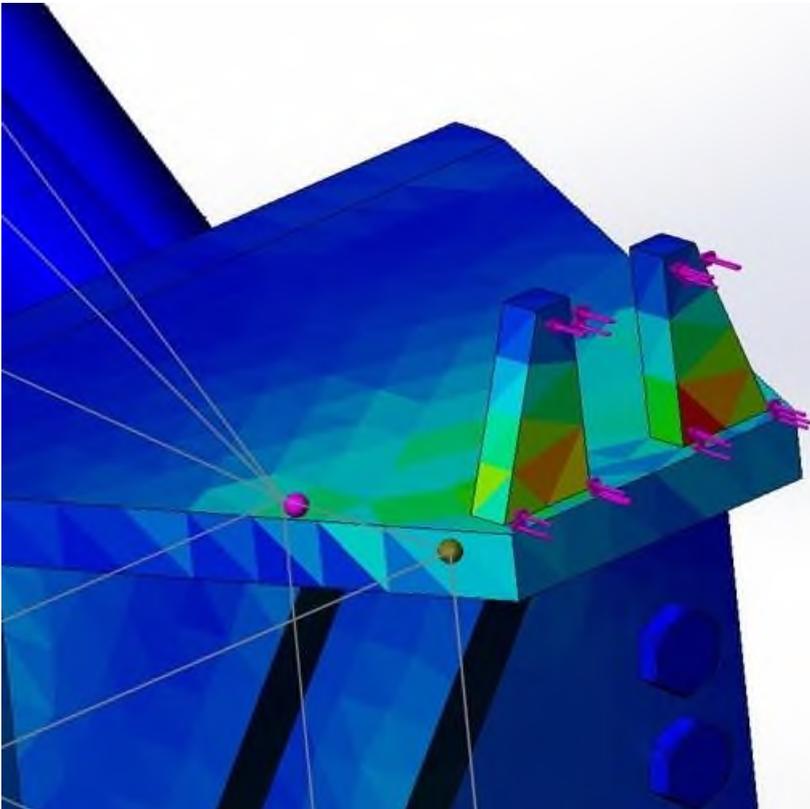
Исходные данные	Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН
Ферма	
Кронштейн	

Таблица 2.7 – Напряжение при растяжении

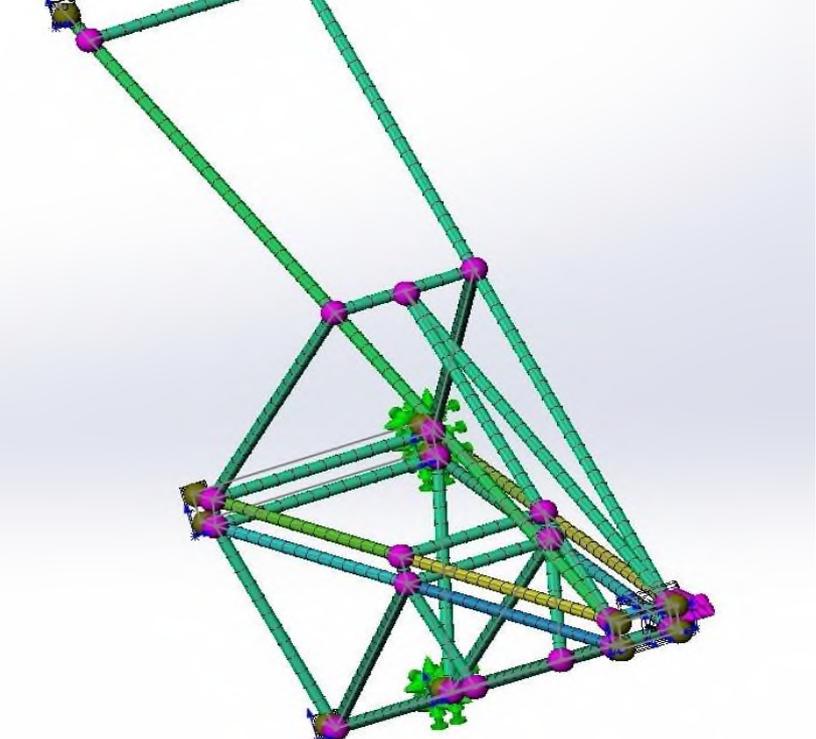
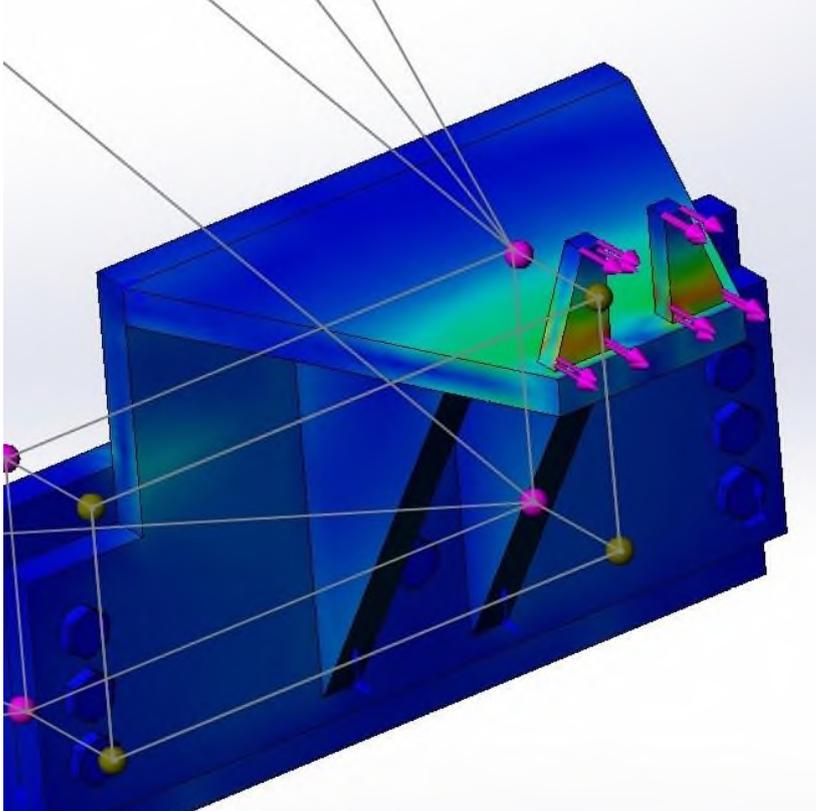
<p>Исходные данные</p>	<p>Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН Предел текучести – $\sigma_T = 6,20 \cdot 10^8$ Па</p>
<p>Ферма</p>	
<p>Кронштейн</p>	
<p>Результаты расчета</p>	<p>Верхняя граница напряжений $\sigma_T = 2,95 \cdot 10^8$ Па</p>

Таблица 2.8 – Перемещения при сжатии

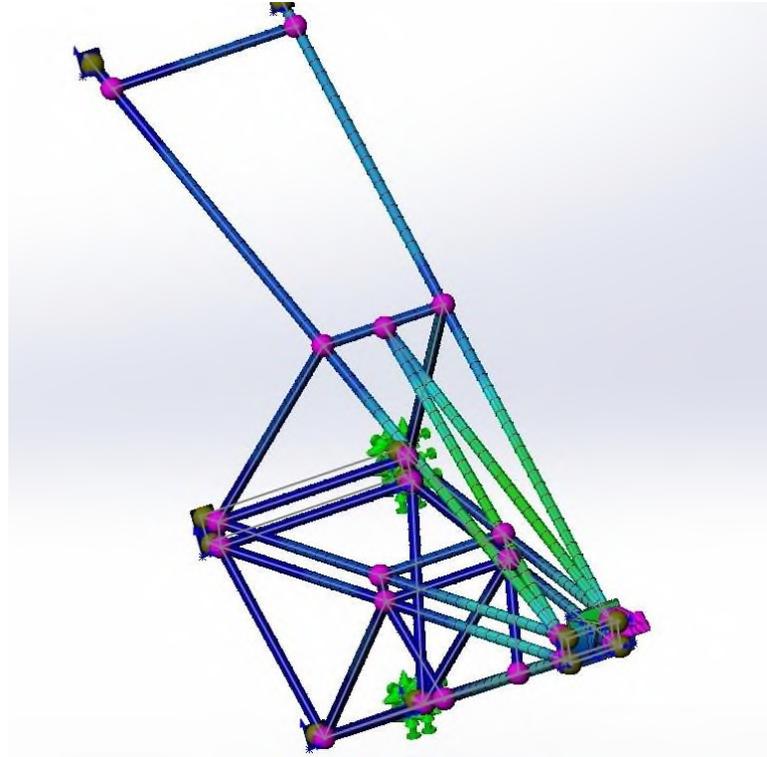
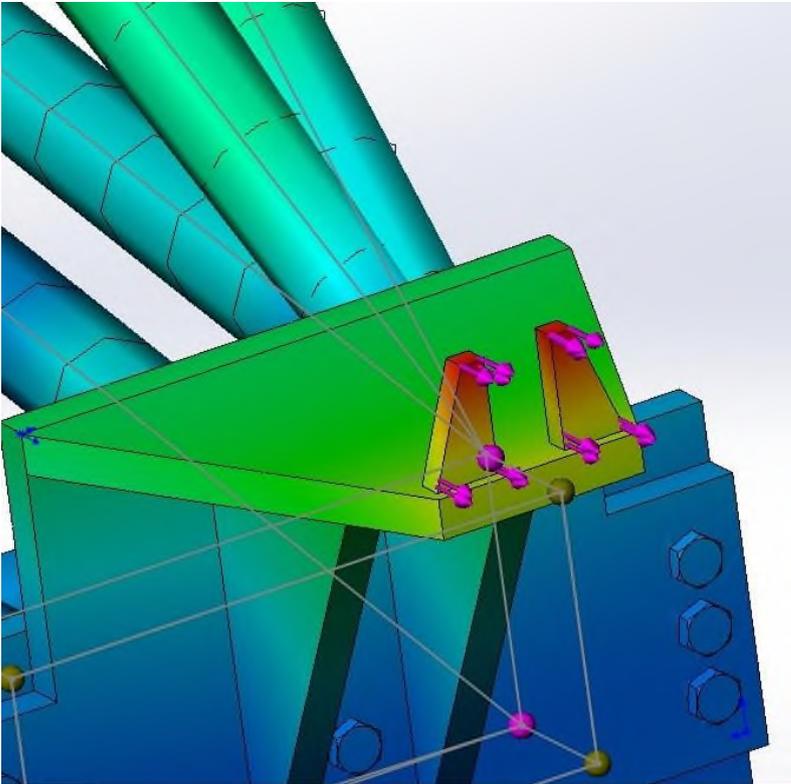
<p>Исходные данные</p>	<p>Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН</p>
<p>Ферма</p>	
<p>Кронштейн</p>	
<p>Результаты расчета</p>	<p>Перемещение фермы – до 1,449 мм Перемещение кронштейна – до 3,188 мм</p>

Таблица 2.9 – Деформация при сжатии

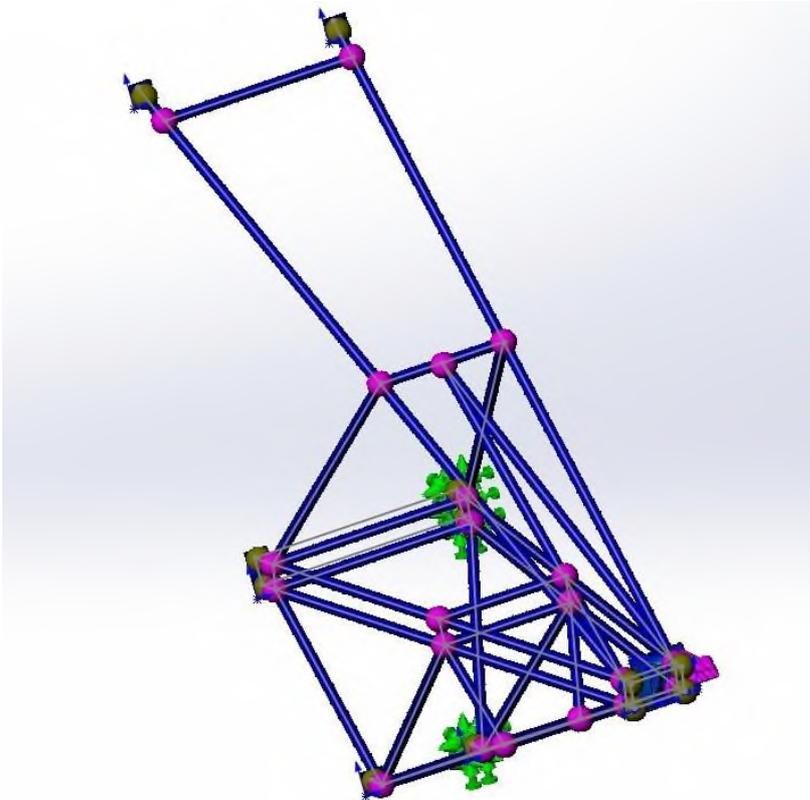
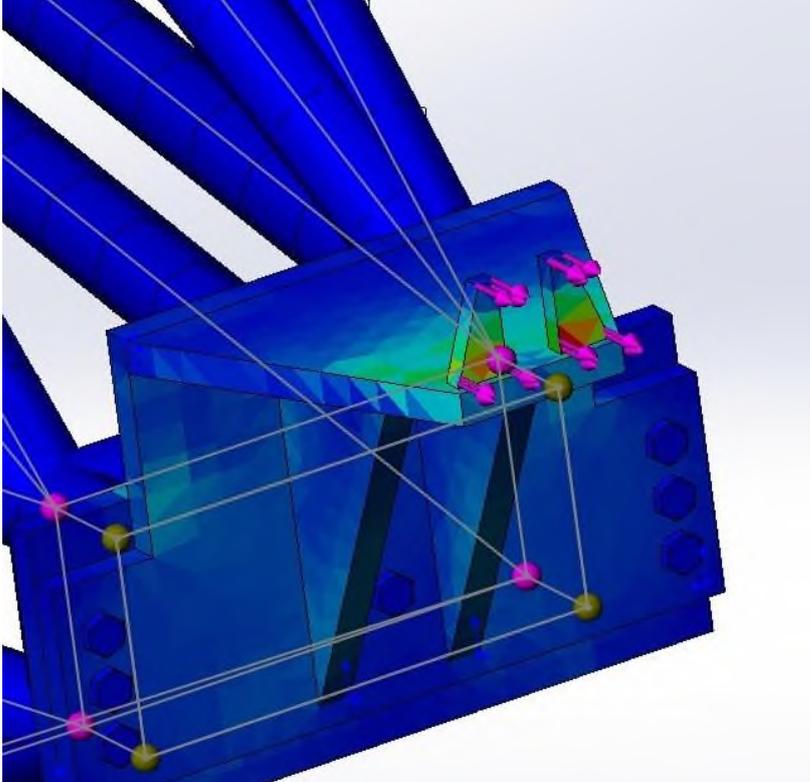
Исходные данные	Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН
Ферма	 A 3D finite element model of a truss structure. The structure is composed of blue members and pink nodes. It is supported at the top left and bottom right. A green load is applied to the central part of the structure. The model shows the deformation of the structure under the applied load.
Кронштейн	 A 3D finite element model of a bracket structure. The structure is composed of blue members and pink nodes. It is supported at the bottom left and right. A green load is applied to the top part of the structure. The model shows the deformation of the structure under the applied load.

Таблица 2.10 – Напряжение при сжатии

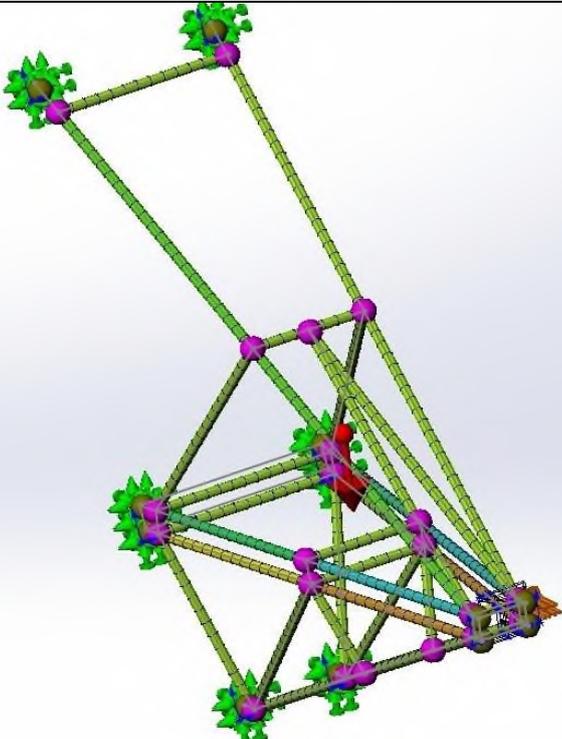
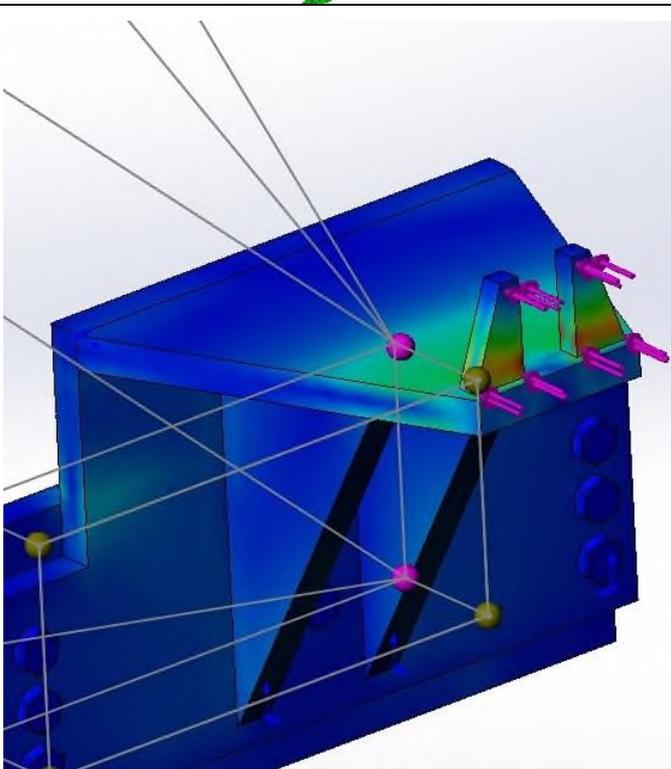
<p>Исходные данные</p>	<p>Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН Предел текучести – $\sigma_T = 6,20 \cdot 10^8$ Па Сила тяжести – $9,81 \text{ м/с}^2$</p>
<p>Ферма</p>	
<p>Кронштейн</p>	
<p>Результаты расчета</p>	<p>Верхняя граница напряжений $\sigma_T = 3,01 \cdot 10^8$ Па</p>

Таблица 2.11 – Перемещения при сжатии

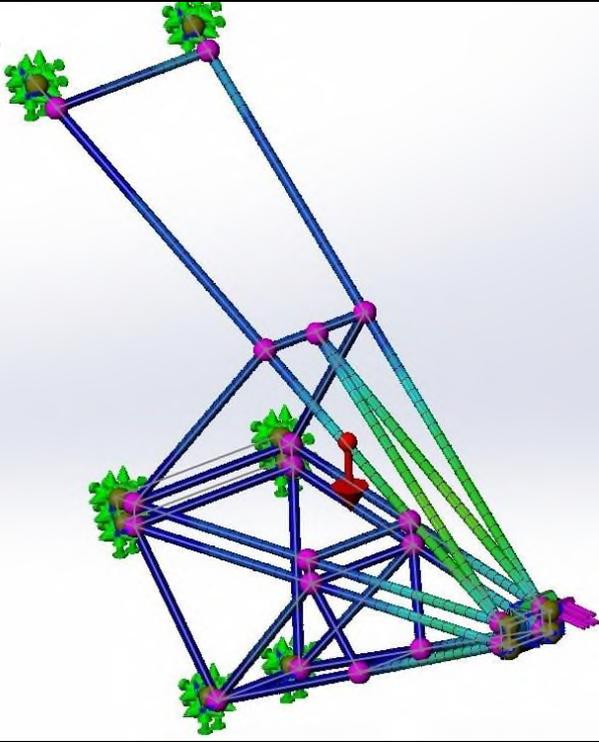
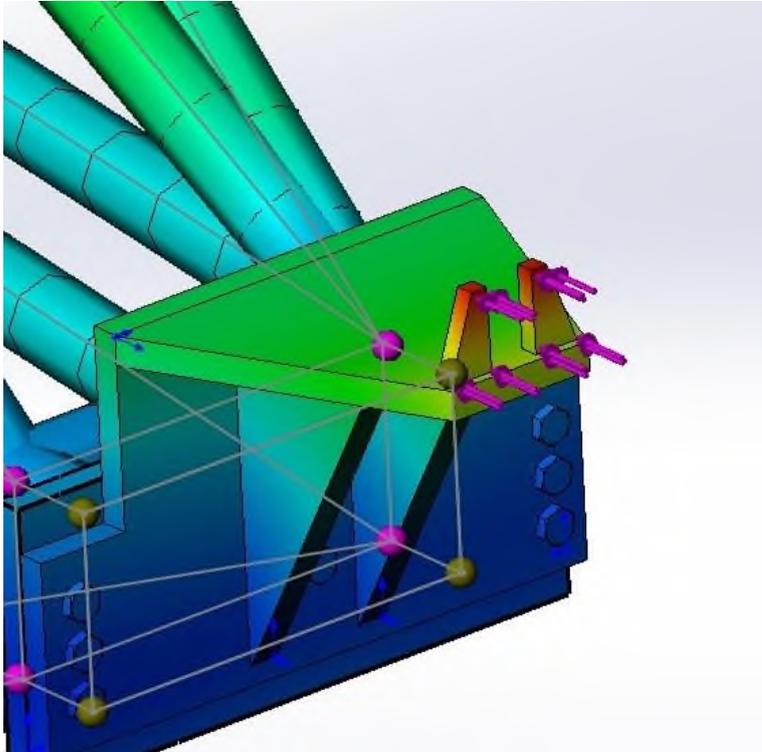
<p>Исходные данные</p>	<p>Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН Сила тяжести – $9,81 \text{ м/с}^2$</p>
<p>Ферма</p>	
<p>Кронштейн</p>	
<p>Результаты расчета</p>	<p>Перемещение фермы – до 1,827 мм Перемещение кронштейна – до 3,188 мм</p>

Таблица 2.12 – Деформация при сжатии

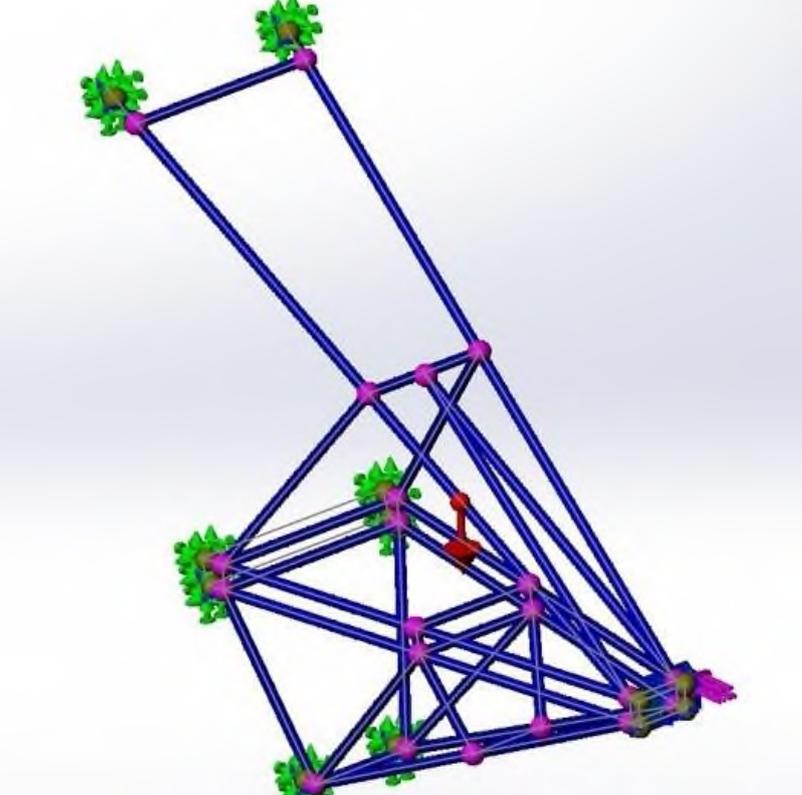
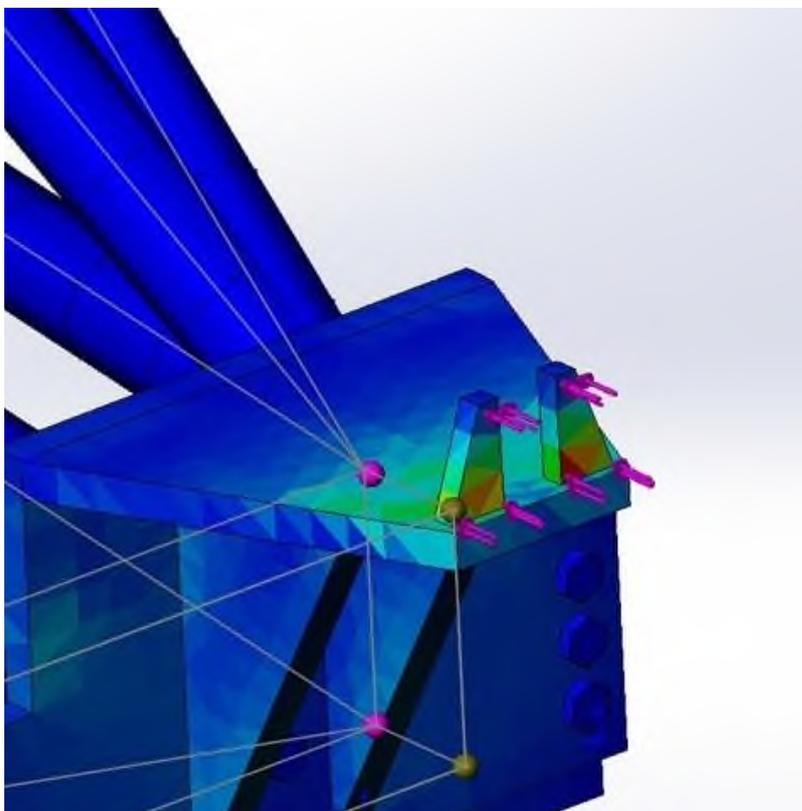
Исходные данные	Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН Сила тяжести – $9,81 \text{ м/с}^2$
Ферма	 A 3D finite element model of a truss structure. The structure is composed of blue beams and pink nodes. It is supported at several points by green, bush-like fixtures. A red arrow indicates a downward load applied to one of the nodes. The structure is shown in a perspective view, highlighting its complex, multi-triangular geometry.
Кронштейн	 A close-up 3D finite element model of a bracket joint. The main structure is blue, and the bracket is a lighter blue. The joint is supported by a base with several pink bolts. A red arrow indicates a downward load applied to the bracket. The model shows the stress distribution around the joint, with a color gradient from blue (low stress) to red (high stress).

Таблица 2.13 – Напряжение при растяжении

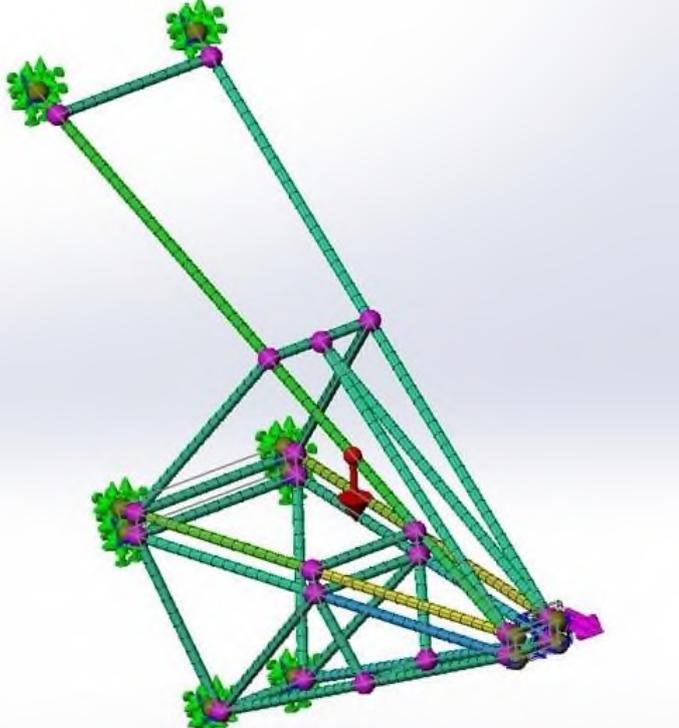
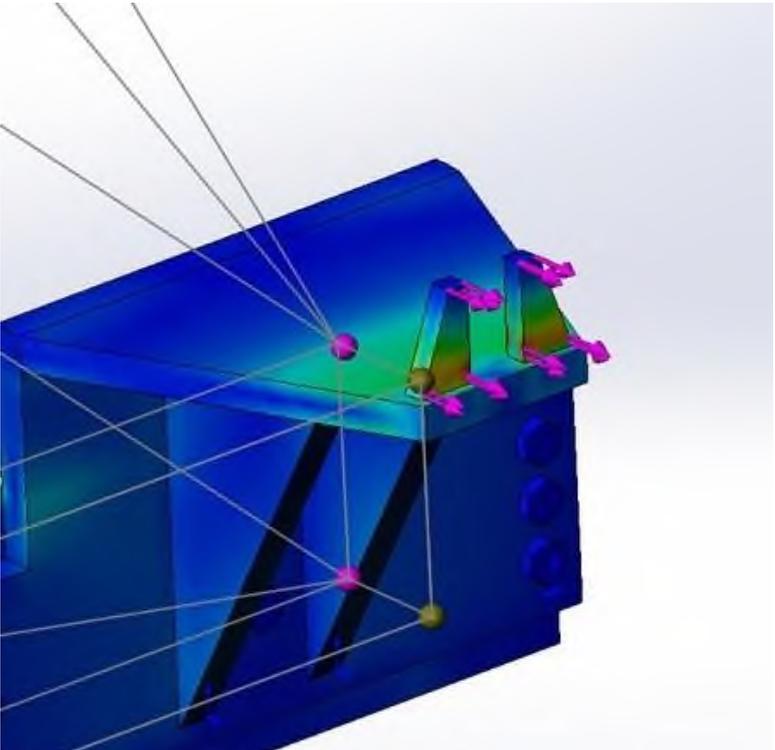
<p>Исходные данные</p>	<p>Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН Предел текучести – $\sigma_T = 6,20 \cdot 10^8$ Па Сила тяжести – $9,81 \text{ м/с}^2$</p>
<p>Ферма</p>	
<p>Кронштейн</p>	
<p>Результаты расчета</p>	<p>Верхняя граница напряжений $\sigma_T = 2,97 \cdot 10^8$ Па</p>

Таблица 2.14 – Перемещение при растяжении

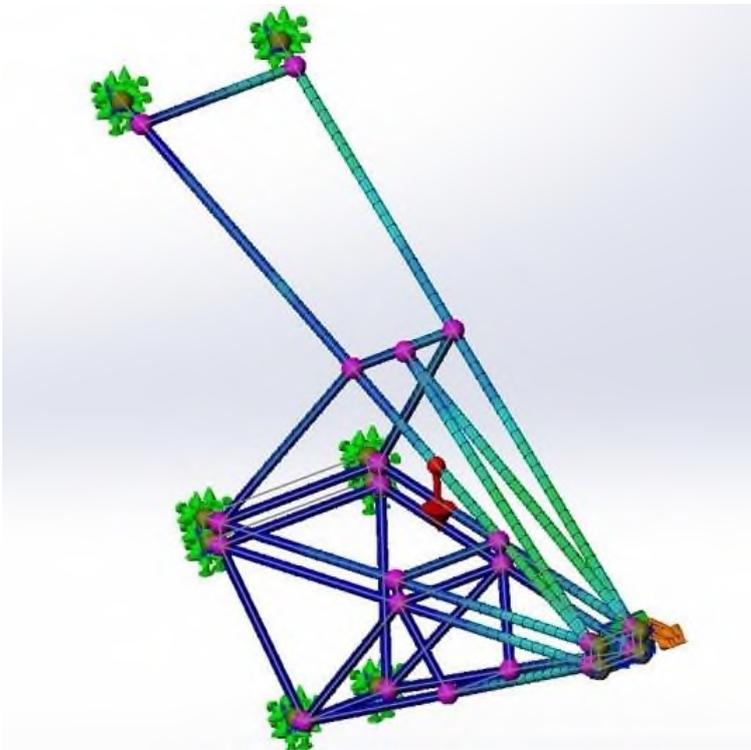
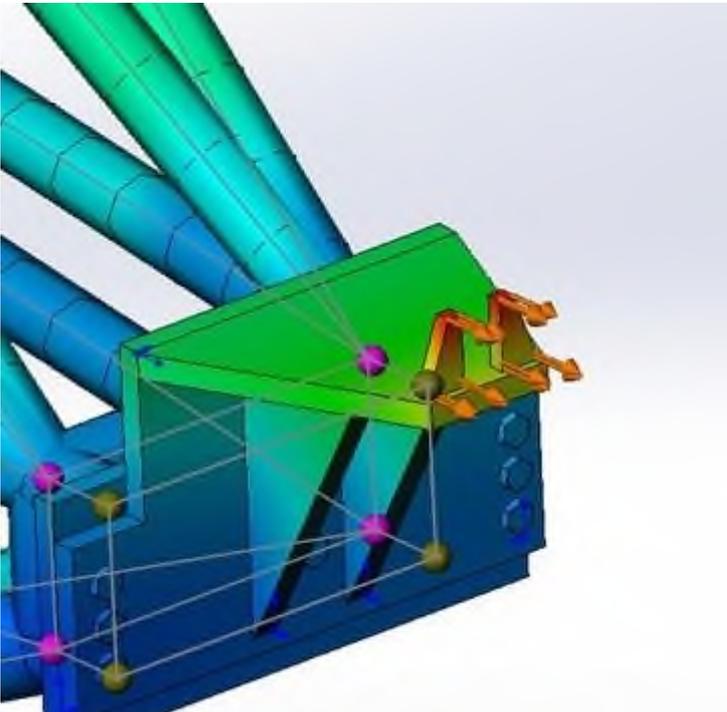
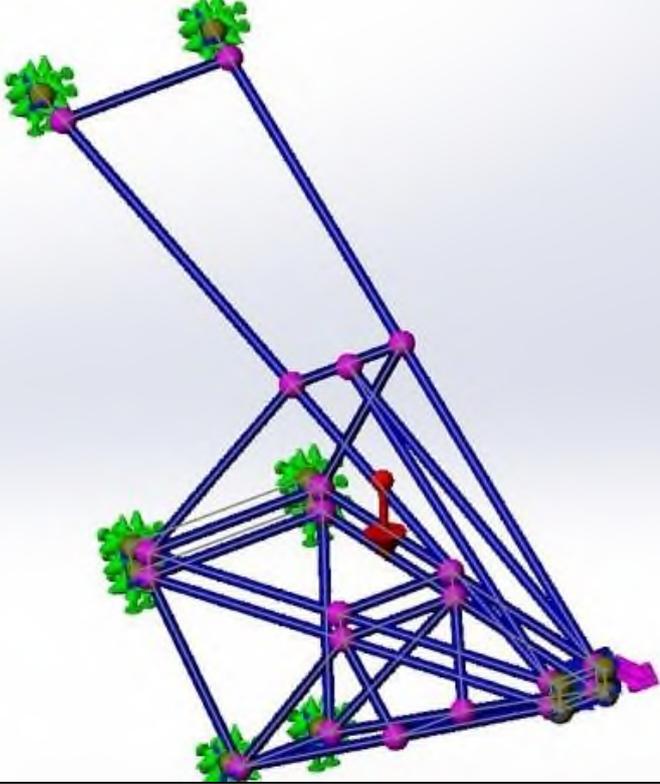
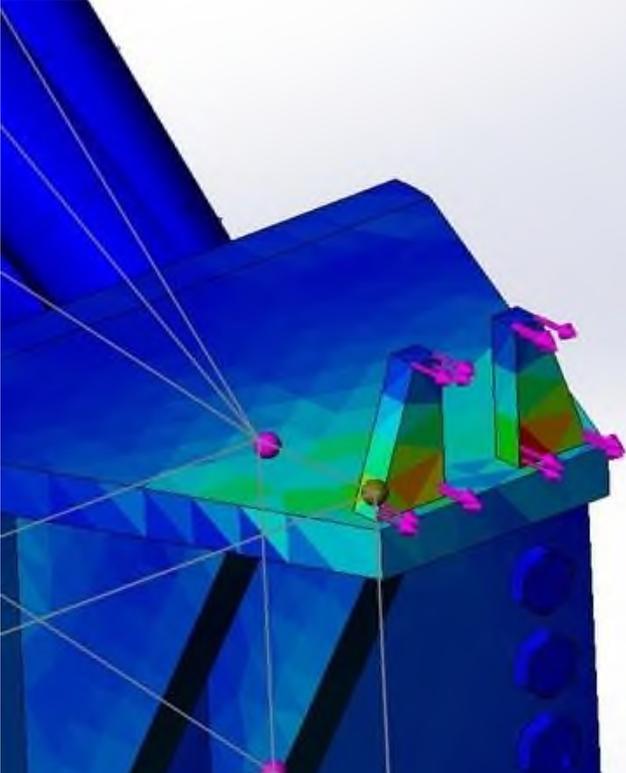
<p>Исходные данные</p>	<p>Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН Сила тяжести – $9,81 \text{ м/с}^2$</p>
<p>Ферма</p>	
<p>Кронштейн</p>	
<p>Результаты расчета</p>	<p>Перемещение фермы – до 1,525 мм Перемещение кронштейна – до 3,188 мм</p>

Таблица 2.15 – Деформация при растяжении

Исходные данные	Вес конструкции – 1122 кг Воздействующая нагрузка – 42 кН Сила тяжести – $9,81 \text{ м/с}^2$
Ферма	
Кронштейн	

2.3.3 Расчет минимально допустимых значений коэффициентов запаса

Фактические нагрузки, действующие на проектируемое изделие, свойства материалов из которых оно изготовлено могут значительно отличаться от тех, которые принимаются для расчета.

Факторы, влияющие на снижение прочности детали, носят случайный характер, и при проектировании могут быть не учтены (перегрузки, неоднородность материалов и т.д.).

Для обеспечения безопасной эксплуатации необходимо принять меры предосторожности. По этой причине на этапе проектирования закладывается определенный запас прочности, в зависимости от сферы использования изделия.

$$[n] = \frac{[\sigma]}{\sigma_n} \quad (1)$$

где $[n]$ – нормативный коэффициент запаса прочности;

$[\sigma_n]$ – предельное напряжение материала;

σ – допускаемое напряжение.

Для расчета коэффициента запаса агрегатов примем их среднее арифметическое значение напряжения.

Коэффициент запаса кронштейна:

$$[n] = \frac{6,2 \cdot 10^8 \text{ Па}}{2,96 \cdot 10^8 \text{ Па}} = 2,09$$

Коэффициент запаса фермы:

$$[n] = \frac{6,2 \cdot 10^8 \text{ Па}}{1,85 \cdot 10^7 \text{ Па}} = 33,5$$

Высокое значение коэффициента запаса прочности у фермы обусловлено тем, что:

- при моделировании было принято допущение об изотропности материала, из которого изготовлена ферма;

- основные нагрузки принимает на себя зубья кронштейна;

- конструктивно сложные фермы имеют высокий коэффициент запаса прочности.

Значение коэффициента запаса прочности кронштейна соответствует заданным техническим требованиям, поскольку единичные перегрузки не приводят к разрушению.

2.3.4 Результаты расчета

Таблица 2.16 – Результаты исследования напряжений

Вид нагрузки		Ферма	Кронштейн
Растяжение	Без учета массы	$2,74 \cdot 10^7$ Па	$2,95 \cdot 10^8$ Па
	С учетом массы	$2,76 \cdot 10^7$ Па	$2,97 \cdot 10^8$ Па
Сжатие	Без учета массы	$9,37 \cdot 10^6$ Па	$2,92 \cdot 10^8$ Па
	С учетом массы	$9,45 \cdot 10^6$ Па	$3,01 \cdot 10^8$ Па
Среднее арифметическое		$1,85 \cdot 10^7$ Па	$2,96 \cdot 10^8$ Па
Коэффициент запаса		33,5	2,09

Таблица 2.17 – Результаты исследования перемещений

Вид нагрузки		Ферма	Кронштейн
Растяжение	Без учета массы	1,449 мм	3,188 мм
	С учетом массы	1,525 мм	3,188 мм
Сжатие	Без учета массы	1,752 мм	3,188 мм
	С учетом массы	1,827 мм	3,188 мм

Значения напряжений и перемещений указаны по максимальным значениям, т.е. ферма в целом и кронштейн испытывают такое напряжение или перемещение точно. Поспособствовать более точному расчету может использование более мощных вычислительных машин, для определения максимально приближенного к реальному поведению агрегатов. В данном случае на погреш-

ность измерений существенно влияет размерность построенной сетки объекта, ввиду ограниченной производительности материально – технической базы.

Вывод

В ходе выполнения исследовательской части было выполнено:

- построение расчетной схемы агрегата;
- изучены и подобраны материалы специальных марок, отвечающих к требованиям эксплуатации в данной среде;
- на основании расчётной схемы и подобранных материалов смоделирован агрегат устройства направляющего;
- произведен расчёт нагрузок на устройство, изучено его поведение;

На данном этапе проектирования агрегат не требует структурных изменений, заданные нагрузки выдерживаются, присутствует нормальный запас прочности.

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Назначение и краткое описание конструкции изделия

Стартовая система для РКН «Союз 2» имеет в своем составе четыре направляющих устройства, установленные на внутренней поверхности поворотного круга в тех же плоскостях, в которых установлены основания несущей стрелы и опорной фермы, которые служат для закрепления торца изделия в поперечном направлении. Они равномерно расположены по окружности поворотного круга через 90° .

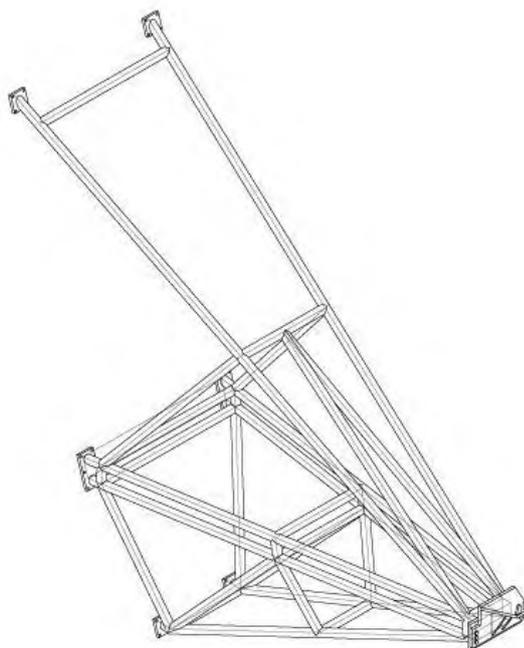


Рисунок 3.1 – Агрегат устройства направляющего

Специальное устройство, позволяющее перевести стартовую систему в конфигурацию запуска «Союз 2» этапа 1в представляет собой ферму, соединяемую с УН посредством болтового соединения на шести точках крепления. Изготовлено устройство из литых стальных труб круглого сечения с наружным диаметром 89 миллиметров, и с толщиной стенки в 7 миллиметров. Крепления устройства и кронштейн изготовлены из листовой горячекатаной стали толщи-

ной в 30 миллиметров. Соединение труб и пластин обеспечивается неразборными (сварными) соединениями. Крепление к устройству направляющему осуществляется через заранее приваренные специальные площадки, изготовленные также из листовой горячекатаной стали толщиной 30 миллиметров.

3.2 Анализ технических требований и выявление технологических задач

Изготовление литых труб осуществляется посредством центробежного литья. Литые изготавливаются в соответствии со стандартами ГОСТ. На каждом этапе производства изделие проходит проверку качества в лаборатории предприятия на соответствие заданным параметрам и требованиям заказчика.

Отлитая заготовка имеет минимальные отклонения, однако она все равно подлежит обработке. Согласно ГОСТ 8732-78 производимые изделия обычного класса точности имеют следующие предельные отклонения:

Таблица 3.1 – Отклонения для труб повышенной точности

	Предельные отклонения	
1	Длина	+10 мм
2	Наружный диаметр	±1%
3	Толщина стенки	±15 мм
4	Кривизна участка на 1 метр	До 1,5 мм

В соответствии с необходимыми классами точности выбираются виды обработки.

Таблица 3.2 – Виды предварительной и окончательной обработки

Номер поверхности	Размер, мм	Квалитет точности	Чистота обработки	Окончательная обработка	Предварительная обработка
1	Ø89	h9	Ra2,5	Шлифование	Получистовое точение
2	7	h12	Ra6,3	Чистовое точение	Черновое точение Получистовое точение
3	Ø75	h9	Ra2,5	Шлифование	

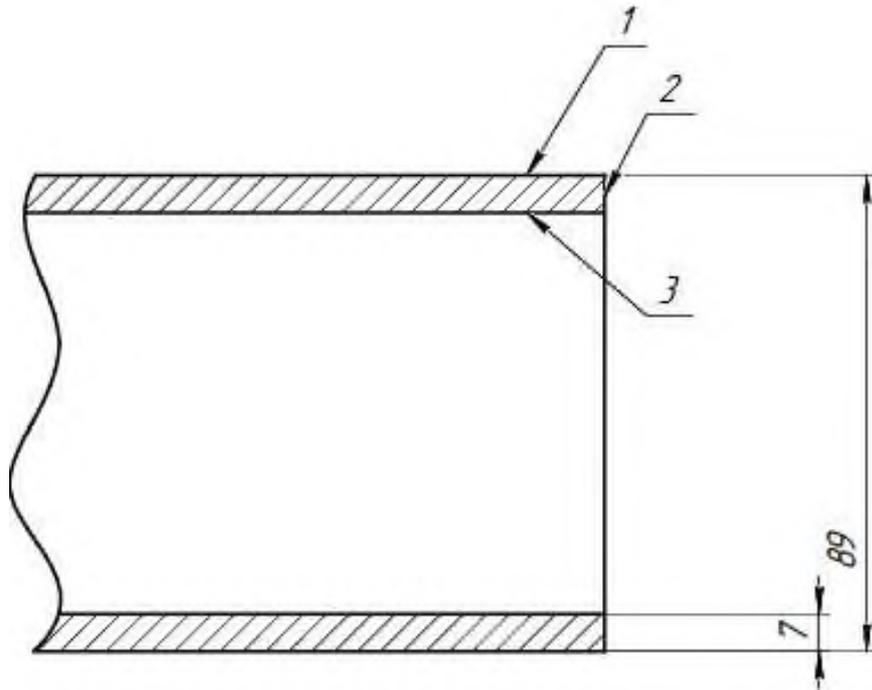


Рисунок 3.2 – Обрабатываемые поверхности

Величину мощности токарного станка можно определить по формуле:

$$V = \frac{C}{T^{mv} \cdot t^{xv} \cdot S^{yv}} = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1^{0,2} \cdot 0,5^{0,15}} = 205,6 \text{ м/мин} \quad (2)$$

$$P = C \cdot t \cdot S^{0,2} = 420 \cdot 0,5 \cdot 1^{0,2} = 210 \text{ Н} \quad (3)$$

$$N_{\text{нотр}} = \frac{P \cdot V}{60 \cdot 102} = \frac{150 \cdot 205,6}{60 \cdot 102} = 5,04 \text{ кВт} \quad (4)$$

где V – скорость резанья;

C , xv , yv , mv – эмпирические коэффициенты;

t – глубина резанья;

S – величина подачи;

P – сила, совпадающая с направлением скорости резанья.

$N_{\text{нотр}}$ – потребная мощность.

На основании расчетов выбираем трубонарезной токарный станок С10Т.10 с мощностью 11 кВт.

Выбранные режущие инструменты:

- резец Р6М5 токарный проходной отогнутый на 45° по ГОСТ 18868-73

$H=16\text{мм}$, $H_1=10\text{мм}$, $L=100\text{мм}$, $m=6\text{мм}$, $a=12\text{мм}$, $r=1\text{мм}$;

- резец Р18 токарный проходной упорный по ГОСТ 18870-73

$H=16\text{мм}$, $H_1=10\text{мм}$, $L=100\text{мм}$;

- резец Р18 подрезной торцевой по ГОСТ 18871-73

$H=16\text{мм}$, $H_1=10\text{мм}$, $L=100\text{мм}$.

3.3 Оценка технологичности конструкции

Для определения технологичности конструкции необходима количественная и качественная оценка технологичности изделия.

Качественная оценка позволяет получить общую оценку технологичности изделия, количественная – определить элементы, которые отрицательно влияют на общую технологичность конструкции.

Технологическим решением являются:

- использование существующей материально-технической базы для разработки проекта и технической базы;

- унификация конструктивных элементов. Использование стандартизированных размеров литых труб и пластин, а так же материалов из которых они изготовлены, не влечет за собой увеличение затрат на переоборудование или модернизацию производства;

- использование конструкции, не требующей больших затрат на техническое обслуживание;

- возможность транспортировки в несобранном состоянии на место установки;

Отрицательно влиять на технологичность будет процесс установки и демонтажа изделия, ввиду задействования обширной части материально-технической базы и штата сотрудников. Это обусловлено массогабаритными характеристиками, и требованиями к точности установки изделия.

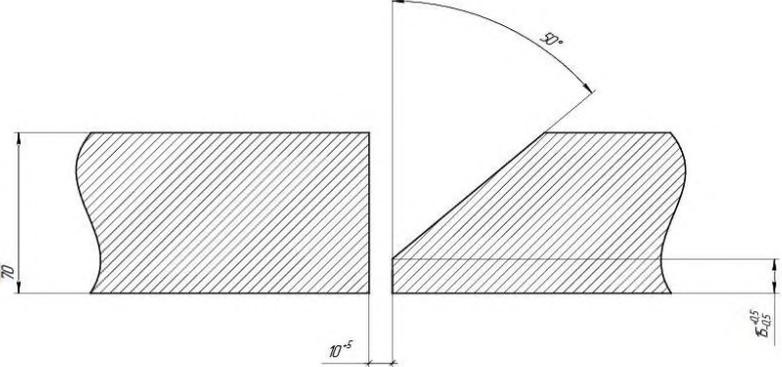
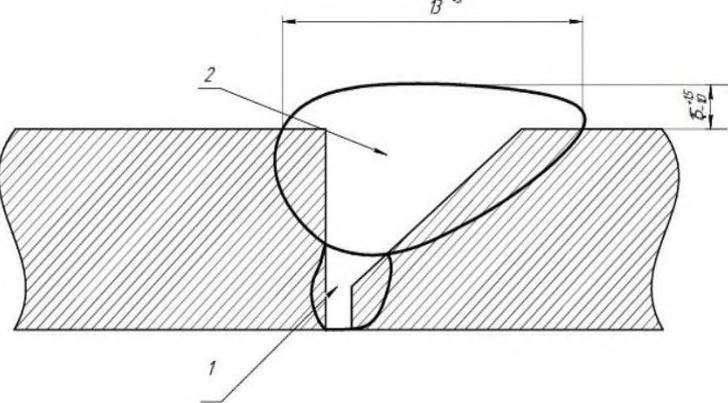
Разработка, изготовление, и сборка нивелируют материальные и финансовые траты установки изделия, поскольку его использование повлечет за собой косвенную финансовую экономию при использовании изделия.

3.4 Технологическая карта сварки изделия

Для определения порядка работ, подбора оборудования и инструментов необходимо составление технологической карты сварки изделия.

Таблица 3.3 – Технологическая карта сварки изделия №1

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ №1				
Необходимое оборудование				
Оборудование		ГОСТ/Наименование		
Плита сборочная		ГОСТ 10905-86		
Рулетка измерительная		ГОСТ 7502-98		
Линейка металлическая		ГОСТ 427-75		
Электроды		ОЗЛ- 14А ГОСТ Э-04Х20Н9, d 4,0 мм		
Выпрямитель многопостовой		ВДМ 6303С		
Реостат балластный		РБ-302		
Защитная маска		ГОСТ 12.4.035-78		
Технологические параметры сварки				
Способ сварки	Диаметр электрода	Род и полярность тока	Сила тока	Напряжение
РДС	4,0 мм	Постоянный, обратная	140 А	20-22 В
Характеристика изделия				
Название ГОСТ	Диаметр	Толщина стенки	Материал	
Труба стальная бесшовная горячедеформированная ГОСТ 8732-78	89 мм	7 мм	Сталь 08Х18Н10Т	

№	Операция	Эскиз
1	Стыковка Изделия	
	Описание Операции	<p>На плиту сборочную устанавливаются трубы. Согласно ГОСТ 16037-80 «Сварные соединения стальных труб», при помощи линейки измерительной выставляется расстояние между элементами, после чего они закрепляются специальным устройством.</p>
2	Конструктивные элементы шва	
	Описание Операции	<p>Сварной шов состоит из: корневого шва (примерно 1/3 длины стыка) и из облицовочного шва (2/3 длины стыка).</p> <p>Согласно ГОСТ 16037-80, облицовочный шов в длину имеет 13^{+3} мм, высоту (от поверхности сварных элементов до высшей точки шва) $1,5_{-1}^{+1,5}$ мм</p>

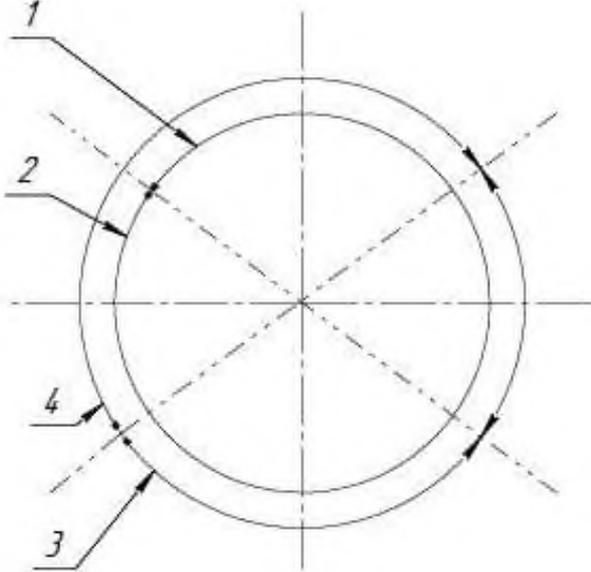
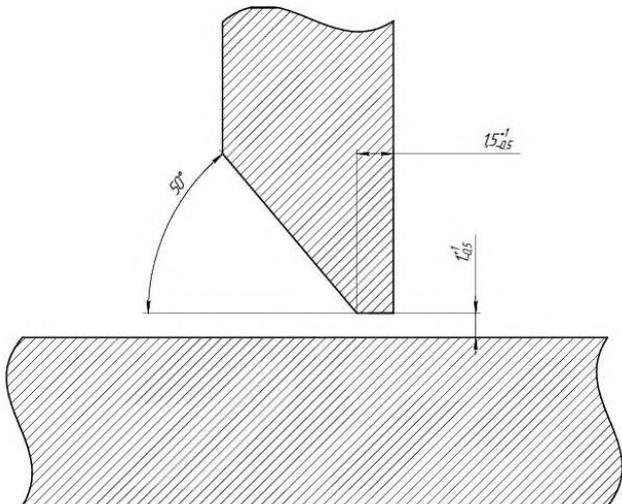
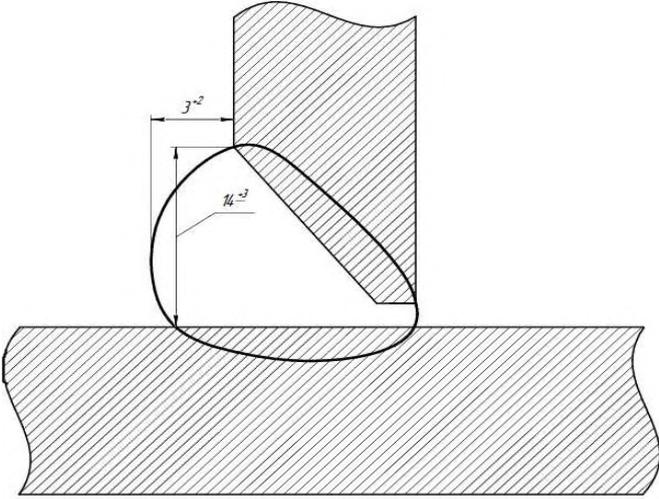
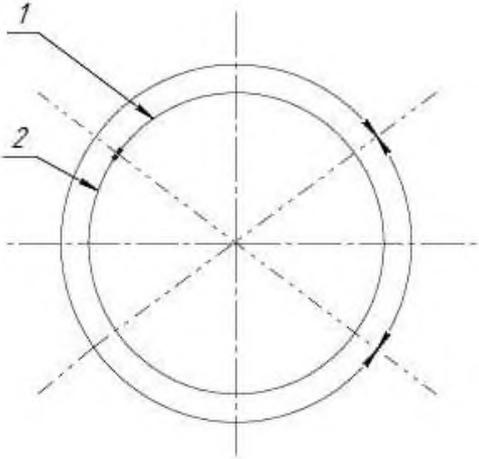
3	Порядок работы	
	Описание Операции	<p>Производится просушка труб путем прогрева до $\pm 50^{\circ}\text{C}$</p> <p>Делаются прихватки равномерно по периметру стыка. Прихватки зачищаются и обрабатываются шлифовальным кругом.</p> <p>Длина замка 15-20 мм.</p> <p>При первом проходе сваривается корневой шов (1 и 2). Шов зачищается и обрабатывается.</p> <p>При втором проходе сваривается облицовочный шов (3 и 4).</p> <p>Производится зачистка от шлака и брызг.</p>

Таблица 3.4 – Технологическая карта сварки изделия №2

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ №2	
Необходимое оборудование	
Оборудование	ГОСТ/Наименование
Плита сборочная	ГОСТ 10905-86

Рулетка измерительная		ГОСТ 7502-98		
Линейка металлическая		ГОСТ 427-75		
Электроды		ОЗЛ- 14А ГОСТ Э-04Х20Н9, d 4,0 мм		
Выпрямитель многопостовой		ВДМ 6303С		
Реостат балластный		РБ-302		
Защитная маска		ГОСТ 12.4.035-78		
Технологические параметры сварки				
Способ сварки	Диаметр электрода	Род и полярность тока	Сила тока	Напряжение
РДС	4,0 мм	Постоянный, обратная	140 А	20-22 В
Характеристика изделия				
Название ГОСТ		Размеры		Материал
ГОСТ 8732-78 Труба стальная бесшовная горячедеформированная		Диаметр - 89 мм Толщина стенки - 7 мм		Сталь 08Х18Н10Т
ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный		Толщина листа – 30 мм		Ст3
№	Операция	Эскиз		
1	Стыковка Изделия			

	<p>Описание Операции</p>	<p>На плиту сборочную устанавливаются труба и пластина.</p> <p>Согласно ГОСТ 16037-80 «Сварные соединения стальных труб», при помощи линейки измерительной выставляется расстояние между элементами, после чего они закрепляются специальным устройством.</p>
2	<p>Конструктивные элементы шва</p>	 <p>Сварной шов, согласно ГОСТ 16037-80, имеет размер, в перпендикулярном направлении от поверхности трубы в 3^{+2} мм, в перпендикулярном направлении от поверхности пластины 14^{+3} мм</p>
3	<p>Порядок работы</p>	

	Описание Операции	Производится просушка трубы и пластины путем прогрева до $\pm 50^{\circ}\text{C}$ Делаются прихватки равномерно по периметру стыка. Прихватки зачищаются и обрабатываются шлифовальным кругом. Длина замка 15-20 мм. Сварка производится за один проход. Шов зачищается и обрабатывается. Производится зачистка от шлака и брызг.
--	------------------------------	--

3.5 Нормирование технологических процессов

Под нормированием технологического процесса понимается обоснование норм затрат по времени на выполнение определенного вида работ в благоприятных условиях для данного производства. Для определения полного времени проведения сварочных работ сначала необходимо произвести расчет массы наплавленного металла:

$$G = F \cdot l \cdot \rho = 0,21 \text{ см}^2 \cdot 2393,4 \text{ м} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 = 3920 \text{ грамм} \quad (5)$$

где F – площадь поперечного сечения шва;

l – длина наплавленного шва;

ρ – плотность металла электрода, равная $7,8 \text{ г/см}^3$.

Исходя из этих данных определяется время горения дуги:

$$t_0 = \frac{G}{I \cdot \alpha} = \frac{3920}{140 \cdot 11} = 2,5 \text{ часа} \quad (6)$$

где G – масса наплавленного металла;

I – сила тока;

α – коэффициент наплавления.

Общее время сварки:

$$T = \frac{t_0}{k} = \frac{2,5}{0,5} = 5 \text{ часов} \quad (7)$$

где t_0 - время горения дуги;

k – коэффициент использования сварочного поста ($0,5 \div 0,55$).

Расход электродов:

$$G_3 = G \cdot k_3 = 3,92 \cdot 1,6 = 6,27 \text{ килограмм} \approx 138 \text{ электродов} \quad (8)$$

где G – масса наплавленного металла;

k_3 – коэффициент, учитывающий расход электродов на 1 кг наплавки.

3.6 Испытание

Испытание готового изделия осуществляется непосредственно на стартовом сооружении «Союз 2», после прохождения всех этапов сборки и установки.

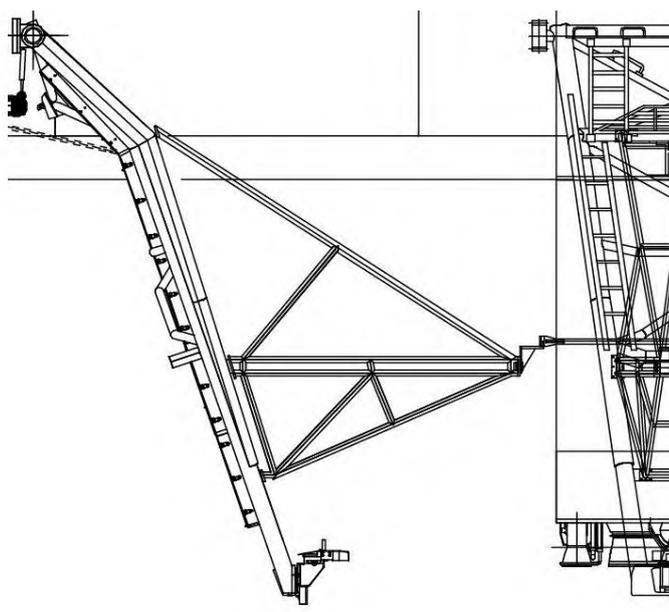


Рисунок 3.6 – Рабочее положение УН

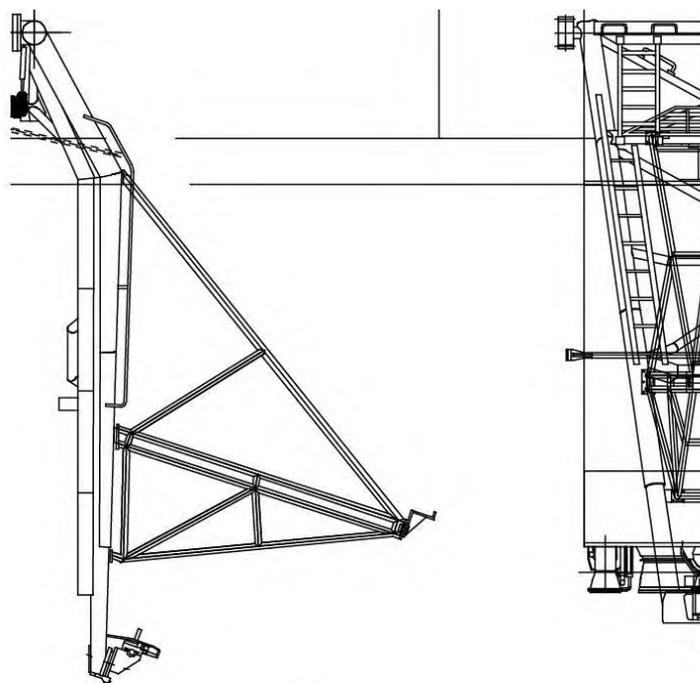


Рисунок 3.7 – Отведённое УН

Производятся испытания на приведение УН к рабочему положению, и отведению, имитируя порядок работы при запуске РН. Так же подаются нагрузки на кронштейн фермы, имитирующие воздействие на них от установленной РН. Производятся замеры по смещению устройства, результаты сравниваются с расчётными.

На основании результатов испытания делается вывод о возможности использования разработанного устройства.

4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Анализ опасных и вредных факторов при сборке-сварке изделия

Наличие вредных и опасных факторов производства при сборке изделия формируется исходя из:

- 1) видов соединений;
- 2) применяемого оборудования;
- 3) массогабаритных характеристик сборочных единиц;
- 4) серийности производства;
- 5) степенью механизации процесса;
- 6) организационной формой сборки и т.д.

Пригоночные работы при сборке:

- сверление, зенкерование, развертывание;
- шлифование и полировка;
- опилование и очистка.

Очистка и промывка:

- гидropескоструйная обработка;
- дробеструйная обработка.

Обезжиривание:

- органическими растворителями;
- щелочными растворами;
- химическое травление.

Сборка разъёмных соединений:

- сборка резьбовых соединений.

Являясь физическими факторами, локальная вибрация и шум имеют наибольшее значение и оказывают наибольшее влияние. Они обусловлены работой испытательных стендов, пневматических устройств, вибробункерами сборочных машин, ручным механизированным инструментом и т.д.

В сборочном процессе при промывке и обезжиривании деталей, сварке и пайке используется низкочастотный ультразвук (16—44 кГц) высокой интен-

сивности до 6–7 Вт/см², а при контроле сборочных соединений – высокочастотный (более 80 кГц). Наибольшую опасность представляет контактный ультразвук при передаче через твердые материалы или жидкости. Даже кратковременное воздействие ультразвука может привести к нарушению подвижности плечевого пояса.

Неправильное обращение с органическими растворителями, синтетическими моющими средствами и поверхностно-активными веществами для очистки сборочных единиц создает опасность отравлений.

Наличие металлической и абразивной пыли в воздухе рабочей зоны сборочного цеха может привести к заболеванию рабочего персонала хроническим пылевым бронхитом, пневмокониозом, бронхиальной астмой.

Использование при сборке легковоспламеняющихся и горючих веществ создает опасность возникновения пожаров и взрывов. Возможно самовоспламенение промасленных органических материалов.

При выполнении процессов сварки, резки, наплавки, напылении и пайки металлов имеет место воздействие различных вредных и опасных производственных факторов.

Физические факторы при сварочных работах:

- повышенная запылённость и загазованность воздуха;
- повышенная температура поверхностей оборудования и материалов;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень электромагнитного излучения.

Химические факторы при сварочных работах:

- воздействие сварочных аэрозолей.

Психофизиологические факторы:

- физические перегрузки;
- нервнопсихические перегрузки.

К вредным производственным факторам относятся: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, ультрафиолетовое, видимое и

инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемых изделий; электромагнитные поля; ионизирующие излучения, шум, ультразвук; статическая нагрузка на руку.

При сварке в зону дыхания рабочих могут поступать сварочные аэрозоли, содержащие в составе твердой фазы окислы различных металлов, и другие соединения, а также токсичные газы. Количество и состав сварочных аэрозолей, и их токсичность зависят от химического состава сварочных материалов и свариваемых металлов, видов технологического процесса. Воздействие на организм выделяющихся вредных веществ может стать причиной острых и хронических профессиональных заболеваний и отравлений.

Интенсивность излучения сварочной дуги в оптическом диапазоне и его спектр зависят от мощности дуги, применяемых материалов, защитных и плазмообразующих газов. При отсутствии защиты возможны поражения органов зрения и ожоги кожных покровов.

При контактной сварке рабочие могут подвергаться воздействию переменных магнитных полей, а при высокочастотной сварке – электромагнитных полей. При работе электронно-лучевых установок, проведении гамма- и рентгеновского просвечивания сварных швов, использовании торированных вольфрамовых электродов возможно воздействие на рабочих ионизирующих излучений.

Некоторые виды сварки сопровождаются шумом, значительно превышающим допустимые уровни. Источниками повышенного шума являются плазмотроны, пневмоприводы, генераторы, вакуумные насосы и т. д. Источниками ультразвука – ультразвуковые генераторы, рабочие органы установок и т. д. При плазменно-механической резке металлов шум может достигать в области низких частот 111 дБ, высоких – 106 дБ; уровень шума на рабочем месте оператора плазменного напыления находится в пределах 120-130 дБ.

При ручных и полуавтоматических методах сварки, резки, наплавки и пайки имеет место статическая нагрузка на руки, в результате которой могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса.

К опасным производственным факторам при сварке относятся:

- 1) воздействие электрического тока, искры и брызги;
- 2) выбросы расплавленного металла и шлака;
- 3) возможность взрыва баллонов и систем, находящихся под давлением;
- 4) движущиеся механизмы и изделия;
- 5) подъемно-транспортное оборудование.

При сварке могут иметь место засорения и ранения глаз, ожоги тела, ушибы и другие виды производственных ранений. Ожоги и поражения глаз наиболее часто наблюдаются при РДС, при полуавтоматической сварке в СО₂ плавящимся электродом, особенно при токах малой плотности. Причиной является выброс большого количества искр и брызг расплавленного металла. Опасность ожогов возрастает при сварке ржавой, загрязненной, замасленной или окрашенной поверхности, а также при использовании загрязненного флюса.

При контактной, точечной и роликовой сварке возможность ожогов брызгами и выплесками расплавленного металла значительно меньше, так как отлетающие частицы несколько мельче и холоднее, чем при электродуговых способах сварки. Однако и здесь при сварке загрязненных или ржавых деталей возможны ожоги. Повышенная опасность ожогов при выплеске металла имеет место во время стыковой сварки методом оплавления.

Опасные производственные факторы имеют место при ЭШС, так как она отличается от других видов сварки наличием формирующих медных ползунов, охлаждаемых изнутри проточной водой. При сильном кипении сварочной ванны, шлак, скапливающийся в верхней части, может выплескиваться и вызывать сильные ожоги незащищенных частей тела. Выплескивание металла происходит по ряду причин:

- 1) из-за малой глубины ванны,
- 2) недостаточного содержания кремния в металле,
- 3) засыпки в один прием большого количества флюса и др.

Выбросы жидкого металла возможны во время наведения ванны при ее сильном кипении, а также при попадании в шлаковую ванну воды из-за повреждения ползунов.

Кроме опасностей ожогов от выбрасываемого жидкого металла возможны ожоги и ранения в результате отскакивания от поверхности шва частиц еще не остывшей шлаковой корки. Такие ожоги рук возможны при любых других видах сварки. Ожоги могут иметь место также при подогревании изделий перед сваркой, при пользовании паяльными лампами для сушки стыков, при случайном касании к разогретому электроду или проволоке, при удалении электродного огарка.

Имеют место порезы рук острыми кромками деталей, ушибы падающими деталями и другие травмы, являющиеся, как правило, следствием неосторожности при выполнении сварочных или подготовительных работ. Для зачистки швов, устранения дефектов поверхности, снятие заусенцев и слоя металла после огневой резки, подгонки и подготовки кромок под сварку применяют механизированный инструмент – пневмозубила, переносные шлифовальные машинки с электро- или пневмоприводом. При нарушении правил безопасности при работе с этим инструментом возможны травмы самого различного характера.

При выполнении сварочных работ на высоте и отсутствии соответствующих средств и ограждений возможно падение работающих, что ведет к ушибам, а также к тяжелому травматизму, в том числе к несчастным случаям с летальным исходом.

В технологическом процессе газовой сварки и резки могут использоваться баллоны, находящиеся под давлением, ацетиленовые генераторы.

Нарушение правил эксплуатации этого оборудования может привести к взрывам и тяжелому травматизму, вплоть до летального исхода.

4.2 Методика проведения расчета системы вентиляции для участка проведения сварочных операций

Особенностью при проектировании системы вентиляции сварочного цеха является необходимость достижения высоких результатов очищения воздуш-

ных масс, при относительно низких затратах энергии. Кроме того, процесс вентиляции производственного помещения должен быть бесперебойным — следовательно, помимо основной системы, предусматривается монтаж дополнительной вентиляции, которая должна функционировать так же эффективно, как и основная.

Ключевыми задачами вентиляционной системы:

- минимизация концентрации вредных веществ, которые выделяются во время сварочных работ, посредством применения эффективных местных отсосов;
- устранение химических выделений и выбросов, которые уже успели распространиться дальше помещения, посредством общеобменной вентиляции;
- обеспечение достаточного притока воздушных масс в сварочный цех, с целью снижения предельно допустимой концентрации вредных примесей и опасных веществ.

Согласно стандартам, разработанным и изложенным в СНиП II-33-75, к вентиляции сварочного цеха, предъявляются следующие требования, которые должны соблюдаться, во избежание травм и отравлений:

- скорость потока, с которой движется воздух, при установке локальной вентиляции должна находиться в пределах 0,8-2,1 метр/сек;
- если расход сварочных материалов составляет более 0,21 г/ч, требуется обязательный монтаж общеобменной вентиляции. Если этот показатель ниже — достаточно системы локального воздухообмена;
- допустимый показатель скорости движения воздуха в области проведения сварочных работ от 0,4 до 1 метр/сек;
- направление потока свежего воздуха — строго на сварку.

Общеобменная вентиляция

Оборудование рабочих сварочных постов локальной системой отведения эффективно лишь в том случае, когда речь идет о стационарных столах. Если постоянные посты отсутствуют и рабочим цеха приходится постоянно перемещаться/выполнять работу на передвижных сварочных столах, система местной

вытяжки становится попросту неэффективной. В таких ситуациях актуальной становится монтаж общеобменной системы вентиляции с кратностью воздухообмена до 10 единиц.

При выборе оптимальной общеобменной схемы, учитывают все важные моменты, в том числе выход конвективных потоков вверх производственного помещения. Конвективные потоки могут при необходимости усиливаться посредством направленных приточных струй или направляться этими струями к воздухозаборным панелям.

При обустройстве вентиляционной системы в сварочном цеху, подача воздуха может осуществляться как вертикально, так и горизонтально.

При горизонтальном воздухообмене, систему вентиляции монтируют так, чтобы она охватывала всю площадь производственного помещения. Абсолютно не допускается образование застоя воздушных масс, при этом скорость воздушного обмена должна превышать хотя бы 0,1 м/сек. Это оптимальное решение для небольших сварочных помещений, или для цехов, где расстояние между вытяжкой и притоком не превышает 100 метров.

При вертикальном воздухообмене, система вентиляции организовывается посредством установки мощных вентиляторов в подвальных помещениях с тем, чтобы они обеспечивали мощный приток воздуха по вентиляционным шахтам. Выходные отверстия монтируются в полу и прикрываются спецрешетками, диаметр ячеек которых не превышает 5 сантиметров. Скорость движения воздуха при выходе от вентиляторов должна находиться в пределах 4,5 м/сек и около 0,1 м/сек на входе в помещение. Вытяжные вентиляторы в этой схеме, устанавливаются, как правило, на крыше. Подобная система очень эффективно работает в производственных помещениях сварочных цехов с большой площадью, благодаря возможности очень быстро и эффективно снижать концентрацию вредных веществ до требуемых параметров ГОСТ и СНиП.

Вытяжная вентиляция

Один из наиболее важных моментов, которому уделяется повышенное внимание при организации вентиляции в цеху — сооружение качественных

приборов для местного отведения всех вредных веществ, выделяемых в процессе сварки.

Чем лучше организована вентиляция сварочного стола и хорошо отгорожено место сварки — тем меньше вредных веществ попадут в атмосферу цеха. Кроме этого, снижается требуемая мощность сварочной вытяжки.

На практике, местные отсосы способны уловить и поглотить до 2/3 объема всех выбрасываемых ядовитых веществ, для удаления оставшейся трети используют общеобменную систему вентиляции цеха.

4.3 Определение систем фильтрации и вытяжной вентиляции

Электродуговая сварка, электрорезка и наплавка металлов сопровождаются выделением газов и сварочной пыли. Их основные источники - электроды, флюсы, наплавочные смеси. Пробы на состав аэрозолей показали, что пыль состоит из окислов железа, марганца, кремния и некоторых других. В таблице приведен химический состав пыли, образующийся при сварке электродами.

Таблица 4.1 – Химический состав аэрозолей

Марка электродов	MnO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CrO ₃	Ni	Ti
УОНИ-13/45	4,40	7,06	47,20	0,01	-	-
ОММ-5	5,50	4,58	35,8	-	-	-
Аустенитные	3,40	-	43,20	3,40	2,00	0,16
ЦМ-7	8,60	4,20	-	-	-	-
Меловые	-	0,33	9,30	-	-	-

Согласно СНиП II-33—75:

- скорость движения воздушного потока при установке вентиляции местного назначения должна составлять 0,8-2,1 м/с;

- при расходе сварочных материалов более 0,21 г/час необходима установка общеобменной вентиляции. При меньших показателях потребления электродов можно обойтись лишь местной системой воздухообмена;

- скорость движения воздушных масс непосредственно в области сварочных работ должна составлять 0,4-1,0 м/с;

- поток свежих воздушных масс должен быть направлен на сварку;

- при использовании сварочного аппарата в закрытых емкостях или при повышенной интенсивности должен приток чистого воздуха температурой более 19 градусов подаваться непосредственно к маске рабочего.

Наиболее оптимально использование современных систем фильтрации:

- передвижные фильтровентиляционные агрегаты;

- консольно-поворотные вытяжные устройства;

- высокооборотные радиальные вентиляторы.

Использование передвижных фильтровентиляционных агрегатов уместно к их эксплуатации как местной системы воздухообмена.

Агрегаты могут удалять воздух от мест сварки через одну воздухоприемную воронку, присоединенную к гибкому шлангу диаметром 125 мм и длиной 2 м с подъемноповоротным механизмом, фиксирующим положение воронки в пространстве на высоте до 2,7 м, либо через три, четыре или пять воздухоприемников, по 150 м³/ч через каждый, со шлангами диаметром 45 мм. Улавливание сварочного дыма через воздухоприемную воронку, установленную на высоте 0,3 м, осуществляется с площади диаметром 0,5 м. Агрегаты работают от однофазного источника электропитания напряжением 220 В.

В агрегатах осуществляется двухступенчатая очистка воздуха: в циклоне, где происходит отделение крупных частиц, и в основном фильтре с площадью активной фильтрующей поверхности 20 м², обеспечивающем эффективность очистки не менее 99%. Предусмотрено место и для третьей ступени очистки в специальных фильтрах. Замена основного фильтра требуется после использования нескольких тысяч электродов.

Подходящими по характеристикам могут являться передвижные фильтровентиляционные агрегаты Плимут серии R

Таблица 4.2 – Технические характеристики передвижных фильтровентиляционных агрегатов Плимут

Технические характеристики	R3	R4	R5
Расход воздуха м ³ /ч	450	600	750
Двигатель	3x1 кВт однофазный 220 В	4x1 кВт однофаз- ный 220 В	5x1 кВт трехфазный 380 В
Фильтрующий элемент	Картридж- ный бумажно- тканевый	Картридж- ный бумажно- тканевый	Картриджный бумажно- тка- невый
Пылеемкость фильтрующего элемента, кг	2-4	2-4	2-4
Высота, мм	1100	1100	1100
Диаметр, мм	550	550	550
Диаметр колесной тележки, мм	950	950	950
Гибкий шланг: диаметр/длина, мм/м	125/2	125/2	125/2

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1 Экономическое обоснование разработки агрегатов стартовой системы для РКН «Союз 2» этапа 1в

Для анализа экономической целесообразности разработки следует рассчитать затраты на проектирование.

При оценивании целесообразности необходимо учитывать, что разрабатываемые агрегаты не предназначены для коммерческой реализации с целью получения прибыли. Ценность установки будет определяться сэкономленными ею средствами при её вводе в эксплуатацию.

В себестоимость проектирования включаются все затраты, которые так или иначе связаны с разработкой изделия:

- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- страховые взносы в фонды;
- затраты на расходные материалы;
- прочие расходы;
- накладные расходы.

Сумма основной заработной платы будет рассчитываться на основе минимального размера оплаты труда, а именно – 12130 рублей. Взносы в фонды пенсионного и социального страхования принять равными 31,6%. Суммой дополнительной заработной платы считать 20% от основной заработной платы.

5.2 План работы над проектированием

В таблице приведен план работы над проектированием агрегатов стартовой системы.

Таблица 5.1 – План работ проектирования агрегатов стартовой системы

№	Вид работы	Исполнитель	Срок выполнения
1	Разработка технического задания	Инженер	1

2	Сбор и изучение профильной литературы	Инженер	3
3	Разработка принципиальной схемы	Инженер	2
4	Разработка конструкции	Инженер	3
5	Изготовление рабочих чертежей	Инженер	5
6	Проверка расчетов	Инженер	2
7	Разработка и подготовка документации	Инженер	1
ИТОГО			17

5.3 Себестоимость проектирования

В первую очередь стоит определить затраты на расходные материалы, необходимые для начального этапа проектирования. Затраты на расходные материалы будут включать в себя: ПО MS Office 2019, SolidWorks 2019 Simulation x64, 10 листов формата А1. В таблице 5.2 приведены расчеты затрат на расходные материалы. Стоимость продуктов – рыночная.

Таблица 5.2 – Затраты на расходные материалы

1	Наименование продукта	Количество	Цена, руб.	Сумма затрат, руб.
2	Программное обеспечение MS Office 2019	1	2900	2900
3	Программное обеспечение SolidWorks Simulation 2019 x64	1	45000	45000
4	Лист формата А1	10	18,77	187,7
5	Лист формата А4	200	0,50	100
ИТОГО				48187,7

Таблица 5.3 – Расчет заработной платы

№	Вид работы	Трудо- емкость, чел/день	Трудо- емкость, чел/день	Заработная плата, руб	Затраты по за- работной плате, руб
1	Разработка техни- ческого задания	1	0,048	12130	582,24
2	Сбор и изучение профильной лите- ратуры	3	0,142	12130	1722,46
3	Разработка прин- ципальной схе- мы	2	0,095	12130	1152,35
4	Разработка конст- рукции	3	0,142	12130	1722,46
5	Изготовление ра- бочих чертежей	5	0,238	12130	2886,94
6	Проверка расче- тов	2	0,095	12130	1152,35
7	Разработка и под- готовка докумен- тации	1	0,048	12130	582,24
ИТОГО					9801,04

Дополнительная заработная плата:

$9801,04 \cdot 20\% / 100\% = 1906,21$ рублей.

Взносы в фонд социального страхования и в пенсионный фонд принять равной 31,6% от оплаты труда:

$(9801,04 + 1906,21) \cdot 31,6\% / 100\% = 3699,5$ рублей.

Накладные расходы варьируются от 180% до 250% от размера основной заработной платы. За значение накладных расходов примем 210%:

$$9801,04 \cdot 210\% / 100\% = 20582,19 \text{ рублей.}$$

Прочие расходы включают в себя стоимость машинного времени на разработку, корректирование и итоговую подготовку технической документации. Стоимость прочих расходов вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{пр}} = N \cdot C_{\text{мч}} \cdot K_{\text{загр}} = 136 \cdot 72 \cdot 0,9 = 8812,8 \text{ рублей} \quad (9)$$

где N - количество часов, необходимых на создание, отладку, и подготовку технической документации,

$C_{\text{мч}}$ - стоимость машино-часа. Включает в себя стоимость профилактических работ, электроэнергии, расходных материалов. Принять равной 72 рублям,

$K_{\text{загр}}$ - коэффициент загрузки ПЭВМ, равный 0,7-0,9. Принять равным 0,9.

N рассчитывается исходя из таблицы 5.4. принимая каждый затраченный день за восьмичасовой:

$$N = (1 + 3 + 2 + 3 + 5 + 2 + 1) \cdot 8 = 136 \text{ часов.}$$

Сводим полученные данные по затратам на проектирование, такие как затраты на покупку расходных материалов, на основную и дополнительную заработную плату, затраты на взносы в пенсионный фонд, и в фонд социального страхования, накладные расходы, прочие расходы в общую таблицу.

Таблица 5.4 – Стоимость проектирования агрегатов стартовой системы

	Наименование затрат	Затраты, руб.
1	Расходные материалы	48187,7
2	Основная заработная плата	9801,04
3	Дополнительная заработная плата	1906,21
4	Взносы в фонд страхования и пенсионный фонд	3699,5
5	Накладные расходы	20582,19
6	Прочие расходы	8812,8
	ИТОГО	92989,44

5.4 Стоимость разработки агрегатов стартовой системы

Для производства тестовой модели необходимы комплектующие изделия.

Перечень их стоимости приведен в таблице 5.6:

Таблица 5.5 – Стоимость комплектующих

	Наименование изделия	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Труба литая бесшовная	65,87 м	1385,86	91286,60
2	Лист стальной	1,65 м ²	10427.65	17205,63
3	Болт М20 х 90 мм	40 шт	63,6	2544
4	Гайка М20	40 шт	52	2080
5	Шайба	40 шт	30,2	1208
ИТОГО				114324,23

Стоимость комплектующих необходимых для создания одного экземпляра разрабатываемого агрегата равна 114324,23 рублям. Для возможности полноценного тестирования агрегатов требуется создание четырех экземпляров, следовательно стоимость производства будет равна 457296,92 рублям.

5.5 Анализ затрат на проектирование

Для возможности полного анализа экономической рентабельности проектирования и производства агрегатов необходим подсчет суммарных затрат

Таблица 5.6 – Итоговая стоимость затрат

	Вид затрат	Сумма, руб.
1	Затраты на проектирование	92989,44
2	Затраты на разработку и производство	457296,92
ИТОГО		550286,36

С экономической точки зрения разработка и внедрение агрегатов стартовой системы позволит существенно сэкономить затраты на запуск РН Союз 2 этапа 1в с космодрома Восточный. Поскольку разрабатываемое устройство по-

зволит унифицировать стартовую систему, и адаптировать её под запуск РН легкого класса. В ином случае, потребуется разработка и строительство нового стартового сооружения, и сопутствующей инфраструктуры, необходимой для предстартовой подготовки и запуска РКН. В данном случае, экономический эффект не может быть выражен в денежных единицах. Для представления экономической целесообразности приводится описание возможности косвенной экономии средств от внедрения разработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе на тему: «Разработка узлов стартовой системы для РКН «Союз» этапа 1в, в составе стартового комплекса «Восточный», была спроектирована ферма устройства направляющего. Необходимость данной фермы обусловлена отсутствием боковых разгонных блоков, что отличает РКН «Союз» этапа 1в от РКН «Союз» этапов 1а и 1б. Стартовая система «Союз 2» космодрома Восточный может обеспечить запуск РКН «Союз 2.1В». Разработка и внедрение дополнительного оборудования, позволяющего перевести стартовую систему в конфигурацию запуска «Союз 2.1В» перспективно как с практической, так и с экономической точек зрения. Для осуществления данной идеи необходима модернизация нижнего силового пояса посредством установки дополнительного оборудования, в роли которой выступает разработанный в рамках данной работы агрегат устройства направляющего.

Основная задача разрабатываемого изделия состоит в «растягивании» РН, то есть определении положения хвостовой части. Из этого можно заключить, что основная работа агрегата будет на растяжение - сжатие. Нагрузка от веса ракеты относительно других действующих сил мала, поскольку ракета «вывешивается» на верхнем силовом поясе, который и принимает на себя основную нагрузку.

В ходе проектирования агрегата, моделирования нагрузок и проведения расчётов было определено, что изделие выдерживает заданные нагрузки, имеет допустимый запас прочности, обладает высокой технологичностью, ввиду использования унифицированной размерности деталей, используемых материалов и стандартизации производства. Внедрение данной разработки экономически целесообразно ввиду косвенной экономии средств на отсутствии необходимости возведения нового стартового сооружения для РН «Союз 2.1В»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрегат 17Т17. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (17Т17ТО).
2. Агрегат 373УН34. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (17Т17 ИО).
3. ГОСТ Р 51282-99. Издания. Оборудование технологическое стартовых и технических комплексов ракетно-космических комплексов. Нормы проектирования и испытаний. ; введ. 2000-01-01. – Москва : Госстандарт Российской Федерации ; М. : ИПК Издательство стандартов. 2000. – 45 с.
4. ГОСТ 8732-78. Издания. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. – Взамен ГОСТ 8732-70 ; введ. 1979–01–01. – Москва : Государственный комитет стандартов СССР ; М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 13 с.
5. ГОСТ 19903-74. Издания. Прокат листовой горячекатаный. – Взамен ГОСТ 8797-57 ; введ. 1976-01-01. – Москва : Государственный комитет стандартов СССР ; М. : Стандартиформ, 2012. – 22 с.
6. ГОСТ 3.1404-86. Издания. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Взамен ГОСТ 3.1404-74, ГОСТ 3.1418-82, ГОСТ 3.1423-75, ГОСТ 3.1424-75 ; введ. 1987-07-01. – Москва : Государственный комитет по стандартам СССР ; М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 77с.
7. ГОСТ 9467-75. Издания. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. – Взамен ГОСТ 9467-60 ; введ. 1977-01-01. – Москва : Государственный совет стандартов СССР ; М. : Стандартиформ, 2008. – 10 с.
8. ГОСТ 7502-98. Издания. Рулетки измерительные металлические. Технические условия. – Взамен ГОСТ 7502-89 ; введ. 2000-07-01. – Москва :

Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии ; М. : Стандартиформ, 2006. – 18 с.

9. ГОСТ 427-75. Издания. Линейки измерительные металлические. – Взамен ГОСТ 427-56 ; введ. 1977-01-01. – Москва : Государственный комитет по стандартам СССР ; М. : Стандартиформ, 2007 – 8 с.

10. ГОСТ 10905-86. Издания. Плиты поверочные и разметочные. – Взамен ГОСТ 10905-75 ; введ. 1987-01-01. – Москва : Государственный комитет по стандартам СССР ; М. : ИПК Издательство стандартов, 2003 – 14 с.

11. ГОСТ 12.4.035-78 Система стандартов безопасности труда. Щитки защитные лицевые для электросварщиков. – Взамен ГОСТ 1361-69 ; введ. 1979-07-01. – Москва : Государственный комитет по стандартам СССР ; М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 12 с.

12. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники. Кн. 3. / Под ред. И.В. Бармина. М.: ДС «Полиграфикс РПК», 2012 – 251 с.

13. Организационно-технические системы подготовки и обеспечения полёта ракет-носителей и космических аппаратов: учебное пособие / Л.С. Рохвагер [и др.]; под ред. А.Н. Кирилина. – Самара: Изд-во Самарского аэрокосмического университета, 2007 – 208 с.

14. Технологические схемы подготовки ракет-носителей к пуску: учебное пособие / В. Н. Блинов [и др.]; Минобрнауки России, ОмГТУ ; КБ «Полет». - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. - 488 с.