

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

Институт компьютерных и инженерных наук
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

Зав. кафедрой


_____ В.В. Соловьёв
« _____ » _____ 2025 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка механизированного стеллажа универсальных ракетных модулей ракета-носителя семейства «Ангара»

Исполнитель

студент группы 1109-об1


_____ (подпись, дата)

И.А. Старицын

Руководитель

доцент, канд. техн. наук


_____ (подпись, дата)

В.В. Соловьёв

Консультант по БЖД

доцент, канд. техн. наук


_____ (подпись, дата)

А.В. Козырь

Нормоконтроль

ст. преподаватель кафедры СиТРК


_____ (подпись, дата)

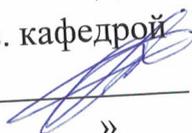
М.А. Арзков

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

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра стартовые и технические ракетные комплексы

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

 В.В. Соловьёв

« _____ » _____ 2025 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Старицына Ивана

Александровича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка механизированного стеллажа универсальных ракетных модулей ракетаносителя семейства «Ангара»

(утверждена приказом от 03.04.2025 № 878-уч)

2. Срок сдачи студентом законченного проекта: 06 июня 2025 года

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: отчеты по практике, ГОСТы, литература

4. Содержание выпускной квалификационной работы: описание комплекта хранения УРМ РН «Ангара» на космодроме «Восточный»; описание конструкции разрабатываемого стеллажа; расчёт на прочность элемента стеллажа; безопасность производства; расчёт стоимости материалов и изделий; чертежи стеллажа и его элементов

5. Перечень материалов приложения: титульный лист, чертежи разрабатываемого стеллажа, чертежи составных частей стеллажа

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе: Козырь А.В., доцент, канд. техн. наук

7. Дата выдачи задания: 29 мая 2025 года

Руководитель выпускной квалификационной работы: Соловьев В.В.

доцент, канд. техн. наук

Задание принял к исполнению (дата): 29.05.2025 *МВ*

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 59 страниц, 7 источников, 31 рисунок, 14 таблиц

РАКЕТА-НОСИТЕЛЬ, УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РАКЕТНЫЙ МОДУЛЬ, МЕСТО ХРАНЕНИЯ, СТЕЛЛАЖ, КОНСТРУКЦИЯ, РАМА

В выпускной квалификационной работе представлен новый стеллаж для хранения частей ракет-носителей семейства «Ангара». Были изучены устройство комплекта хранения УРМ РН «Ангара», который используется на космодроме «Восточный», изучены виды существующих промышленных стеллажей и выбраны технические решения, используемые в них, для разрабатываемого стеллажа. После был спроектирован стеллаж с описанием конструкции. Также разработана модель части стеллажа, проведен расчёт на прочность элемента стеллажа методом конечных элементов и разработан технологический процесс сварки. В конце работы проведены основные аспекты безопасности при работе со стеллажом и экономический расчёт материалов и изделий для стеллажа.

СОДЕРЖАНИЕ

Определения, обозначения, сокращения	7
Введение	8
1 Комплект хранения УРМ РН «Ангара», который используется на космодроме «Восточный», его особенности и виды промышленных стеллажей	9
1.1 Универсальные ракетные модули РН «Ангара»	9
1.2 Виды промышленных стеллажей	10
1.3 Конструкция стеллажа для хранения УРМ РН «Ангара» на космодроме «Восточный»	12
1.4 Особенности эксплуатации изделия	17
2 Проектирование механизированного стеллажа для хранения УРМ	23
2.1 Описание и функционирование изделия	23
2.2 Выбор составных частей конструкции и габаритных размеров этих составляющих	24
2.3 Выбор материалов конструкции	25
2.4 Выбор цепи для передачи момента	25
2.5 Принцип сборки и состав подвижной каретки стеллажа	28
2.6 Первичный выбор электродвигателя	30
3 Технологическая часть	31
3.1 Создание 3D модели подвижной каретки	31
3.2 Расчёт ложементов на прочность с помощью SolidWorks Simulation	36
3.3 Разработка технологического процесса сварки	40
3.3.1 Расчёт режимов ручной дуговой сварки	41

3.3.2 Особенности технологии и выбор оборудования для ручной дуговой сварки	44
3.3.3 Расчёт режимов сварки в защитных газах	47
3.3.4 Выбор оборудования для сварки в защитных газах	49
4 Безопасность производства	51
4.1 Основные аспекты электробезопасности	51
4.2 Расчёт устройства защитного отключения для стеллажа	54
5 Экономическая часть	56
5.1 Стоимость материалов	56
5.2 Стоимость изделий, используемых в создании стеллажа	57
5.3 Общая стоимость	57
Заключение	58
Библиографический список	59

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

БЖД – безопасность жизнедеятельности;

УРМ – универсальный ракетный модуль;

РН – ракета-носитель;

РКН – ракета космического назначения;

СЧ – составная часть;

БУ – боковой ускоритель;

РБ – разгонный блок;

САПР – система автоматизированного проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

В данный момент РН семейства «Ангара» являются самым перспективными в космической отрасли России. Их перспективность обосновывается тем, что все РН используют универсальные модули, которые используются во всех РКН семейства. Благодаря тому, что модули являются универсальными они являются взаимозаменяемыми. Это обеспечивает снижение расходов на всех этапах существования изделия. Это способствует снижению затрат на выведение полезной нагрузки в космос. Для обеспечения необходимого объема запусков и своевременной доставки грузов важно иметь достаточное количество УРМ, для хранения которых необходимо оборудовать соответствующие площадки.

Одним из недостатков текущих площадок для размещения УРМ РН на космодроме «Восточный» является продолжительное время, требуемое для их монтажа и демонтажа. Было принято решение создания более эффективного хранилища – стеллажа, который будет являться неразборным, благодаря чему будет убран этап сборки-разборки перед началом и после окончания его эксплуатации. Также принято решение для упрощения загрузки УРМ на хранение и снятия УРМ со стеллажа для сборки РН разработать механизм, позволяющий поставлять УРМ в одну точку, в которой будет осуществляться загрузка-разгрузка хранилища.

1 КОМПЛЕКТ ХРАНЕНИЯ УРМ РН «АНГАРА», КОТОРЫЙ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ НА КОСМОДРОМЕ «ВОСТОЧНЫЙ», ЕГО ОСОБЕННОСТИ И ВИДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТЕЛЛАЖЕЙ

1.1 Универсальные ракетные модули РН «Ангара»

Универсальный ракетный модуль (УРМ) представляет собой многофункциональный ракетный блок, способный выполнять роль первой ступени ракетной системы, а также использоваться в качестве боковых ускорителей (БУ) или в качестве верхних ступеней для более тяжелых ракетных комплексов. В российской космической программе семейство ракет-носителей «Ангара» включает в себя несколько вариантов УРМ, что подчеркивает их универсальность и адаптивность. Такой подход требует наличия специально оборудованных универсальных площадок на космодроме для хранения и обслуживания УРМ, что значительно повышает оперативность подготовки и запуска ракетных систем. Благодаря этому сокращаются временные затраты на транспортировку модулей с места хранения на место сборки, что способствует более эффективной реализации пусковых операций и повышению общей надежности космических запусков.

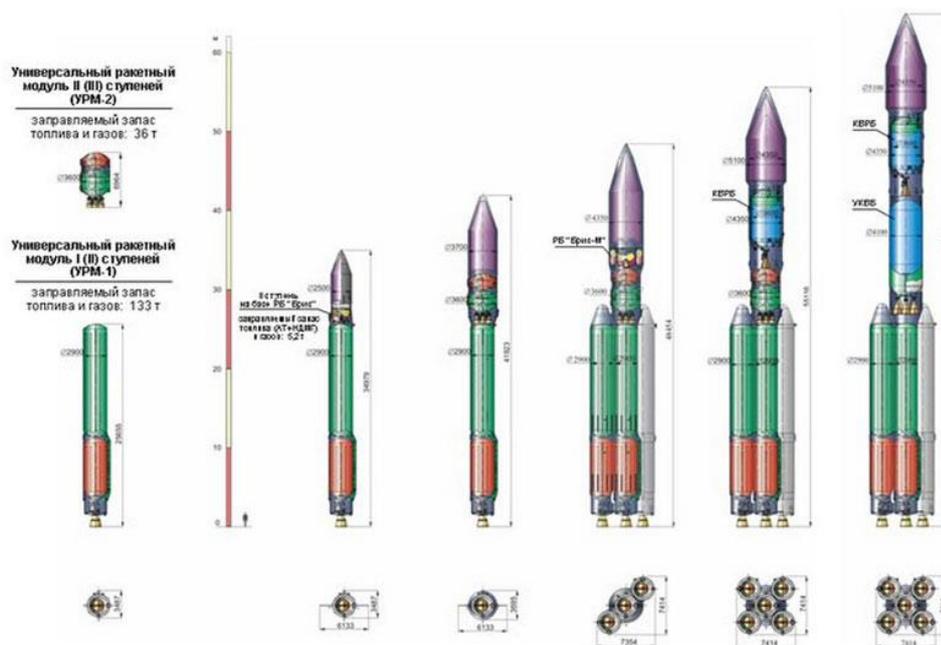


Рисунок 1 – Семейство РН «Ангара»

1.2 Виды промышленных стеллажей

Стеллаж представляет собой специализированное складское оборудование, предназначенное для хранения предметов и грузов. Он состоит из металлических стоек, горизонтальных балок и поперечных перекладин, а также может включать многоярусные настилы, закрепленные на балках, или консоли, закрепленные на стойках. Основные виды стеллажей:

1. Полочные стеллажи

Полочные стеллажи представляют собой модульные конструкции, которые легко собираются и разбираются. В их состав входят вертикальные стойки, горизонтальные балки, полки и дополнительные элементы. Такие системы предназначены для размещения крупногабаритных и тяжелых грузов. Благодаря использованию прочных металлических сплавов, они обладают высокой устойчивостью и рассчитаны на длительную эксплуатацию.

2. Фронтальные стеллажи

Фронтальные стеллажи отличаются многофункциональностью и активно используются в складской логистике. Данная система позволяет эффективно хранить паллетированные грузы различного типа, что обеспечивает её популярность и широкое применение в современных складских комплексах.

3. Набивные стеллажи

Набивные стеллажи (стеки) предназначены для плотного хранения однородных паллетированных грузов. Их конструкция из регулируемых стоек и балок позволяет эффективно использовать складское пространство, исключая проходы между рядами. Такие системы идеальны для крупнотоннажных складов с однотипной продукцией.

4. Гравитационные стеллажи

Гравитационные стеллажи – инновационная система хранения, где грузы перемещаются самостоятельно по наклонным роликовым направляющим. Это решение сочетает преимущества компактного хранения и автоматизированной логистики, обеспечивая непрерывный товаропоток без дополнительных энергозатрат.

5. Мобильные стеллажи

Мобильные стеллажи представляют собой систему перемещаемых модулей на рельсовом ходу. Электроприводная система обеспечивает плавное передвижение целых секций, позволяя создавать временные проходы в нужных местах. Это решение особенно востребовано в архивах и складах с ограниченными площадями.

6. Консольные стеллажи

Консольные стеллажные системы представляют собой специализированное решение для хранения длинномерных и крупногабаритных грузов. Их конструкция основана на вертикальных опорах с горизонтальными выступающими элементами, обеспечивающими надежное размещение нестандартных товаров. Для безопасного хранения таких грузов как металлопрокат, трубы или пиломатериалы система комплектуется специальными фиксирующими элементами: ограничителями, держателями и защитными ограждениями. Особенностью эксплуатации является обязательное использование специализированной погрузочной техники с удлиненным рабочим органом, что обеспечивает правильное размещение и извлечение грузов.

7. Специальные стеллажи

Стеллажи специального назначения представляют собой индивидуально изготовленные конструкции, предназначенные для хранения товаров нестандартной формы и размеров. Такие системы разрабатываются по заказу, когда стандартные решения не позволяют разместить определённую продукцию из-за её особенностей. Например, может быть создан проект для хранения рулонных отделочных покрытий или больших катушек с проводом. Хотя длинномерные материалы можно размещать на консольных системах, для хранения таких товаров, как линолеум, предпочтительнее использовать барабаны, а продукцию в бочках закреплять на специальных фиксаторах, прикреплённых к фронтальным конструкциям.

1.3 Конструкция стеллажа для хранения УРМ РН «Ангара» на космодроме «Восточный»

Стеллаж для хранения УРМ состоит из следующих составных частей (СЧ):

- Опора;
- 2 опоры передние;
- 2 опоры задние;
- Стеллаж.

Общий вид комплекта для хранения УРМ представлен на рисунке 2.

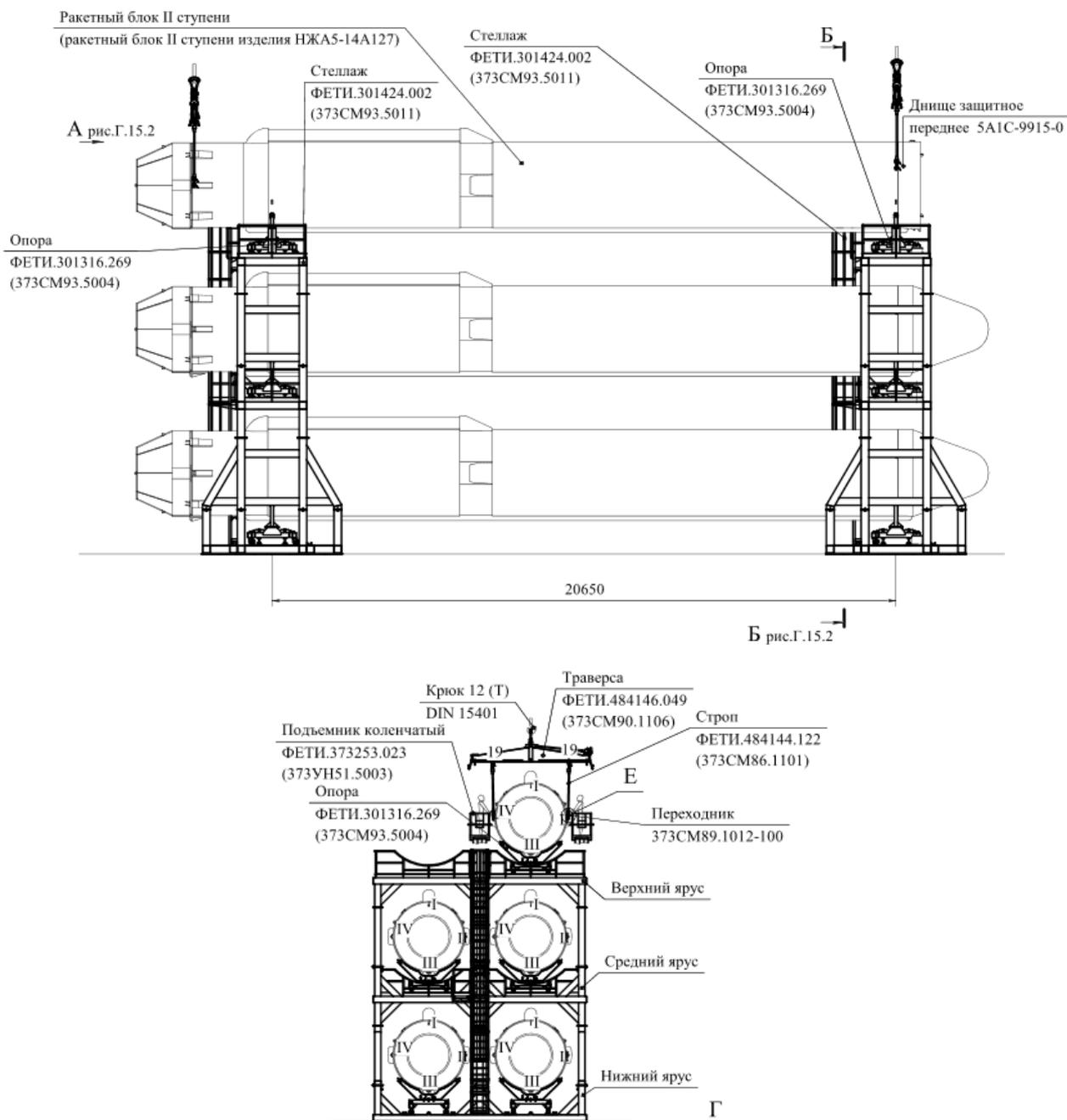


Рисунок 2 – Общий вид комплекта для хранения УРМ

Опора ФЕТИ.301316.269 (373СМ93.5004) предназначена для установки (снятия) ракетного блока II ступени (ракетного блока II ступени изделия НЖА5-14А127) и боковых блоков ракетного блока I ступени (боковых блоков изделия НЖА5-14А127) в процессе хранения.

Опора выполнена в виде подставки с закреплённым на ней ложементом. Контактная площадка ложемента оснащена резиновыми элементами, обеспечивающими устойчивость и защиту изделия. Ложемент крепится к подставке с помощью болтов, гаек и шайб через отверстия в подставке.

На ложементе приварены скобы для подъема и переноски. На корпусе ложемента нанесена заводская маркировка. С обеих сторон имеется маркировка «О3А, О4А», которая обозначает номера опорных поверхностей изделия, предназначенных для установки на соответствующий ложемент.

В нижней части подставки установлены колеса, что позволяет перемещать опору. На раме подставки расположена табличка с указанием о размещении изделия только при вывешенных колесах (для обеспечения безопасности).

Для фиксации опоры в рабочем положении на подставке есть закрепленные опоры, включающие пяты с винтом и воротком.

Для заземления корпуса ложемента предусмотрена бонка с болтом и шайбами. Рядом находится маркировка или знак заземления, указывающий на необходимость заземления.

Стеллаж ФЕТИ.301424.002 (373СМ93.5011) совместно с составными частями комплекта предназначен для размещения ракетного блока II ступени (ракетного блока II ступени изделия НЖА5-14А127) и боковых блоков I ступени (боковых блоков изделия НЖА5-14А127) в процессе хранения.

Стеллаж представляет собой трехуровневую металлоконструкцию. Все ярусы имеют одинаковую структуру: каркас из стоек и балок с распорками, дополненный платформой. Верхние уровни (второй и третий) оснащены защитными перилами. Стойки соединены между собой с помощью фланцев, закрепленных болтами с гайками и шайбами. Ярусы соединяются между собой через фланцы, расположенные на стойках. В фланцах стойки закреплены

гайками с шайбами направляющие штыри, а для соединения фланцев между стойками используют болты с гайками и шайбами. При демонтаже яруса болты с гайками и шайбами выкручиваются и помещаются в кронштейны, приваренные к стойкам.

Для подъема на второй и третий ярус на стеллаже предусмотрены лестницы с ограждениями. На втором ярусе есть балкон для перехода с лестницы на площадку.

Стеллаж оснащен заводской маркировочной табличкой. На всех уровнях конструкции установлены заземляющие клеммы (боны) с крепежными болтами, предназначенные для подключения проводов заземления от отдельных элементов системы и межъярусных перемычек. Рядом с клеммами размещены стандартные знаки заземления.

В целях безопасности высотных работ площадки оборудованы:

- Специальными стойками с монтажными проушинами (для фиксации страховочных систем)
- Информационными табличками (с указанием точек крепления страховочных систем).

На полу всех этажей стеллажа нанесена маркировка «М», определяющая места установки опор с ложементами, на которые укладываются блоки РН «Ангара-А5» (блоки изделия НЖА5-14А127).

Опора передняя ФЕТИ.301316.270 (373СМ93.5005) совместно с опорой задней ФЕТИ.301316.271 (373СМ93.5006) предназначена для установки (снятия) ракетного блока III ступени (ракетного блока III ступени изделия НЖА5-14А127) в процессе хранения.

Передняя опорная конструкция включает два основных элемента: основание с колесной базой и приемный ложемент. На контактной поверхности ложемента зафиксированы резиновые амортизирующие накладки. Соединение компонентов осуществляется посредством болтового крепежа (болт-гайка-шайба), пропущенного через монтажные отверстия в подставке. Мобильность обеспечивают поворотные колеса, смонтированные в нижней части основания.

На раме закреплена предупредительная табличка, регламентирующая установку груза исключительно при вывешенных колесах.

Для подъема и переноски на ложементе предусмотрены отверстия. На корпусе ложемент закреплена заводской знак, а с обеих сторон нанесена маркировка «O14», которая обозначает номер опорной поверхности изделия, предназначенной для установки на данный ложемент.

Для фиксации опоры на подставке есть закрепленные опоры, включающие пяты с винтом и воротком.

На корпусе ложемент есть бонка с болтом и шайбами для заземления заземляющего провода. Рядом размещен знак заземления.

Опора задняя ФЕТИ.301316.271 (373СМ93.5006) совместно с опорой передней ФЕТИ.301316.270 (373СМ93.5005) предназначена для установки (снятия) ракетного блока III ступени (ракетного блока III ступени изделия НЖА5- 14А127) в процессе хранения.

Задняя опора включает подставку с колесным механизмом и приемный ложемент, соединенные между собой болтовым креплением. На контактной поверхности ложемент закреплены резиновые демпфирующие элементы, обеспечивающие устойчивость изделия.

Мобильность опоры обеспечивают колеса с фиксирующим механизмом, о чем свидетельствует предупреждающая табличка на раме. Для стабилизации в рабочем положении предусмотрены регулируемые опорные элементы с винтовыми механизмами.

Система заземления выполнена посредством установленной на корпусе бонки с крепежным болтом, рядом с которой размещен соответствующий предупредительный знак. Для проведения погрузочно-разгрузочных работ ложемент оборудован технологическими отверстиями.

Идентификация опоры осуществляется по заводской табличке с техническими данными и нанесенной маркировкой "O15", указывающей на совместимость с определенным типом устанавливаемого оборудования.

Опора передняя ФЕТИ.301316.273 (373СМ93.5007) совместно с опорой задней ФЕТИ.301316.274 (373СМ93.5008) предназначена для установки (снятия) отсека промежуточного (отсека промежуточного изделия НЖА5- 14А127) в процессе хранения.

Передняя опора состоит из двух основных элементов - подвижной подставки и приемного ложемент. На рабочей поверхности ложемент закреплены резиновые амортизирующие прокладки, обеспечивающие устойчивость и защиту груза. Соединение между подставкой и ложементом осуществляется через специальные отверстия с помощью болтового крепежа.

Нижняя часть подставки оборудована колесным механизмом, позволяющим легко перемещать опору. На раме четко обозначено требование о необходимости фиксации колес перед началом работ. Для надежного позиционирования конструкция дополнена регулируемыми опорами с винтовым механизмом фиксации.

Ложемент оснащен заземляющей клеммой с соответствующим предупреждающим знаком, а также имеет специальные отверстия для проведения погрузочно-разгрузочных операций. Идентификация конструкции обеспечивается заводской табличкой и нанесенной маркировкой "О24".

Опора задняя ФЕТИ.301316.274 (373СМ93.5008) совместно с опорой передней ФЕТИ.301316.273 (373СМ93.5007) предназначена для установки (снятия) отсека промежуточного (отсека промежуточного изделия НЖА5-14А127) в процессе хранения.

Задняя опора представляет собой комбинацию мобильного основания и приемного ложемент. На контактной поверхности ложемент закреплены эластичные демпферы, обеспечивающие устойчивость груза. Крепление элементов конструкции выполнено при помощи болтовых соединений, проходящих через специальные монтажные отверстия в основании.

Перемещение опоры осуществляется благодаря установленным в нижней части поворотным колесам со стопорным механизмом. На раме четко обозначено требование о блокировке колес перед началом эксплуатации. Стабильность

положения в рабочем состоянии обеспечивают регулируемые опорные элементы с точной винтовой регулировкой.

Система заземления реализована через стандартную клеммную колодку с соответствующим предупреждающим знаком. Для удобства транспортировки ложемент оборудован специальными захватными отверстиями. Идентификация конструкции включает фирменную табличку производителя и нанесенную маркировку "O25", указывающую на совместимость с определенными видами промышленного оборудования.

1.4 Особенности эксплуатации изделия

Данный комплект предназначен для эксплуатации в отапливаемых помещениях с температурным режимом от +8°C до +25°C и влажностью не более 80% при +20°C.

В зависимости от сроков простоя предусмотрены два режима хранения:

- кратковременное (до 2 лет) - без дополнительной консервации при простое более 30 дней
- длительное (свыше 2 лет) - с обязательной консервацией компонентов

При хранении на открытых площадках комплект сохраняет рабочие характеристики в диапазоне температур от -40°C до +40°C и при атмосферном давлении 700-780 мм рт.ст. Комплект соответствует категории размещения КМТО-2.

Требования к консервации оборудования:

1. Подготовка к хранению:

Все компоненты комплекта должны пройти процедуру консервации перед размещением на длительное хранение. Процедуру необходимо повторять каждые 5 лет.

2. Условия проведения работ:

- Температура воздуха: не ниже +15°C
- Относительная влажность: до 70%

- Отсутствие резких температурных колебаний, вызывающих образование конденсата

- Защита от пыли, грязи и осадков

3. Требования к помещениям:

Запрещается выполнять работы в зонах хранения:

- Щелочей

- Кислот

- Других химически активных веществ

4. Средства индивидуальной защиты:

Персонал должен использовать:

- Специальную рабочую одежду

- Защитные перчатки (резиновые или хлопчатобумажные).

Место хранения должно обеспечивать:

- полную сохранность комплекта независимо от метеорологических условий и срока хранения;

- удобство проведения технического обслуживания;

- биологическую защиту;

- пожаробезопасность;

- беспрепятственный вывоз составных частей комплекта.

О постановке комплекта на хранение, о консервации и расконсервации внести запись в соответствующие разделы паспорта.

Кратковременное хранение

При установке комплекта на кратковременное хранение выполнить следующие работы:

- установить составные части комплекта на отведенное место;

- проверить комплектность в соответствии с разделом 10 паспорта.

Для подготовки комплекта к проведению работ после кратковременного хранения необходимо очистить составные части комплекта от пыли, грязи и следов атмосферных осадков.

Длительное хранение

При установке комплекта на длительное хранение выполнить следующие работы:

- провести техническое обслуживание составных частей комплекта;
- законсервировать составные части комплекта.

В процессе хранения законсервированного комплекта необходимо регулярно выполнять техническое обслуживание в соответствии с установленными регламентами. Все операции по переводу оборудования на длительное хранение, а также процедуры консервации и расконсервации подлежат обязательной регистрации в соответствующих разделах паспорта комплекта.

В документах должны быть зафиксированы даты проведения работ, сведения об ответственных лицах, примененные материалы и методы, а также результаты контрольных проверок. Требуется своевременное внесение записей с полным описанием выполненных операций и отметками о качестве проведенных работ.

Перед вводом в эксплуатацию после длительного хранения комплект требует проведения ряда обязательных процедур. В первую очередь необходимо тщательно очистить все составные части от скопившейся пыли и загрязнений, после чего выполнить полную расконсервацию оборудования.

Далее следует провести комплексное техническое обслуживание, включающее диагностику работоспособности всех узлов и систем. Особое внимание необходимо уделить проверке технических параметров, соответствующих условиям дальнейшей эксплуатации.

По завершении всех подготовительных работ требуется сделать соответствующую отметку в паспорте комплекта, зафиксировав факт расконсервации и снятия с хранения.

Консервация

Процедура консервации комплекта выполняется в три этапа. Сначала необходимо провести тщательный осмотр всех компонентов на предмет

выявления возможных дефектов: коррозионных поражений металлических поверхностей, механических повреждений, а также нарушений целостности лакокрасочных и защитных покрытий.

После проверки осуществляется подготовка деталей к консервации. Этот процесс включает:

- очистку поверхностей от загрязнений, пыли и остатков смазочных материалов;
- удаление следов коррозии как с окрашенных, так и с неокрашенных участков.

Процедура очистки и подготовки поверхностей:

1. Первичная очистка:

Все компоненты комплекта требуют тщательной обработки для удаления загрязнений и смазочных материалов. Для грубых (неполированных) поверхностей применяется следующий метод:

- Промывка растворителем Нефрас-С
- Альтернативно - протирка ветошью, смоченной в указанном растворителе

- Завершающая сушка чистой сухой ветошью

2. Удаление коррозионных образований:

Методика варьируется в зависимости от типа поверхности:

Грубо обработанные металлы:

- Предварительное увлажнение растворителем
- Механическая обработка крупнозернистой абразивной шкуркой
- Дополнительная очистка металлической щеткой

Прецизионные поверхности:

- Использование абразивной смеси (мел с пемзой)
- Пропитка растворителем Нефрас-С
- Финальная протирка чистой ветошью

Цветные металлы:

- Применение мелкодисперсной пемзы

- Нанесение через ветошь, пропитанную растворителем

Окрашенные участки:

- Полное удаление поврежденного ЛКП вместе с коррозией
- Использование шкурки/металлической щетки/пемзы

3. Завершающая обработка:

- Обезжиривание растворителем
- Естественная сушка (20-30 минут)
- Восстановление поврежденных лакокрасочных покрытий.

Поверхности, подготовленные к консервации, не допускается трогать руками без резиновых перчаток.

Все неокрашенные поверхности покрыть консервационной смазкой. Покрывать консервационной смазкой запрещено поверхности с лкп и резиновые составные части. Резиновые и прорезиненные части покрываются тальком и оборачиваются в парафинированную бумагу

Консервационную смазку наносить строго в резиновых перчатках. Смазочный материал наносить равномерным сплошным слоем

Работы по консервации (от подготовки поверхностей до консервации) должны составлять единый и непрерывный процесс.

Все операции должны выполняться без длительных перерывов. Последняя операция должна быть завершена непосредственно перед консервацией. В случае длительного перерыва (более 2 часов) провести повторное обезжиривание поверхности.

Консервируемое изделие и консервационную смазку необходимо размещать в одном помещении как минимум за сутки до начала консервации, чтобы не допустить образования конденсата под смазкой из-за разницы температур.

Расконсервация

Процедура расконсервации оборудования выполняется поэтапно:

1. Удаление защитных покрытий:
2. Очистка поверхностей:

3. Технический осмотр.

С металлических поверхностей консервационную смазку снять деревянной лопаткой, тщательно промыть растворителем Нефрас-С и вытереть сухой чистой ветошью.

После очистки составных частей внимательно осмотреть и проверить на предмет наличия дефектов либо коррозии.

После очистки от коррозии все элементы комплекта необходимо тщательно обезжирить, последовательно протирая их 2-3 раза ветошью, смоченной растворителем Нефрас-С. Затем детали следует оставить для естественной просушки на 20-30 минут и окончательно протереть сухой чистой ветошью.

Поврежденные участки лакокрасочного покрытия требуют восстановительной покраски с использованием соответствующих материалов. В процессе работ важно вести учет всех расходных материалов, применяемых при консервации и расконсервации оборудования.

По завершении всех операций необходимо сделать соответствующую запись в паспорте комплекта, указав дату расконсервации, перечень выполненных работ и использованных материалов, а также данные ответственного за проведение работ специалиста. Все процедуры должны выполняться в строгом соответствии с техническими требованиями и правилами безопасности.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННОГО СТЕЛЛАЖА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ УРМ

2.1 Описание и функционирование изделия

Проектируемый механизированный стеллаж предназначен для хранения УРМ РН семейства «Ангара». При анализе существующих стеллажей было принято решение за основу механизма взять механизм от полуавтоматических стеллажей для хранения рулонных материалов, например полуавтоматическая система хранения рулонных материалов AR14 (TZM)



Рисунок 3 – Полуавтоматическая система хранения рулонных материалов AR14 (TZM)

Основой механизма в таких стеллажах составляет цепная передача момента от электродвигателя к штангам-держателям.

Также стеллаж предполагается сделать покрытым листами стали, для защиты хранимых УРМ от внешних физических воздействий.

2.2 Выбор составных частей конструкции и габаритных размеров этих составляющих

Разрабатываемый стеллаж будет состоять из рамы, к которой будут крепиться все составляющие механизма, а также внешняя обшивка, и 6-ти подвижных кареток с ложементами, на которые будут укладываться УРМ.

Как основная рама, так и подвижная каретки представляют собой рамные конструкции. Эти рамные конструкции будут сделаны из двутавровых балок №60Б2. Размеры выбранного двутавра по ГОСТ Р 57837-2017 представлены в таблице 1, а поперечное сечение балки на рисунке 3.

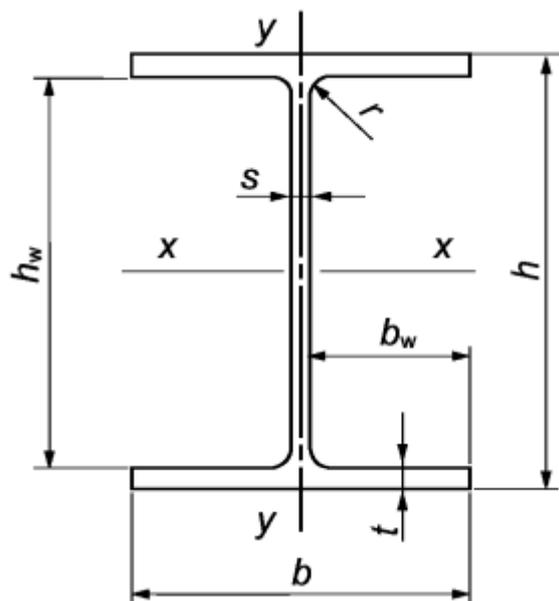


Рисунок 4 – Поперечное сечение двутавра

Таблица 1 – Номинальные размеры двутавра и площадь поперечного сечения

Номер профиля	Номинальные размеры, мм							Номинальная площадь поперечного сечения, см ²
	h	b	S	t	h _w	b _w	r	
60Б2	600	200	11	17	566	94,5	22	134,41

В качестве обшивки для стеллажа были выбраны стальные прокаты тонколистовые из углеродистой качественной стали по ГОСТ 16523-89 толщиной 1 мм и размерами листа 1250 мм на 2500 мм и 1250 мм на 3000 мм.

2.3 Выбор материалов конструкции

В качестве материала для изготовления двутавровых балок выбрана сталь марки СтЗсп5. Химические свойства стали представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Химические свойства стали СтЗсп5 в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
0.14- 0.22	0.15- 0.3	0.4- 0.65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08	~97

Механические свойства стали СтЗсп5 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Механические свойства стали СтЗсп5 по ГОСТ 535-2005

Толщина, мм	Предел текучести для остаточной деформации, Мпа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
до 10	>255	380-490	>26
11-20	>245	370-480	>26
21-40	>235	370-480	>25
41-100	>225	370-480	>23
Более 100	>205	370-480	>23

2.4 Выбор цепи для передачи момента

В качестве цепи, для передачи момента от электродвигателя на подвижные каретки выбрана цепь приводная роликовая трехрядная шага 50,8 мм с разрушающей нагрузкой 680.4 кН ЗПР-50,8-680,4 по ГОСТ 13568-97. Схема роликовой цепи представлена на рисунке 4, основные параметры и размеры цепи представлены в таблице 4.

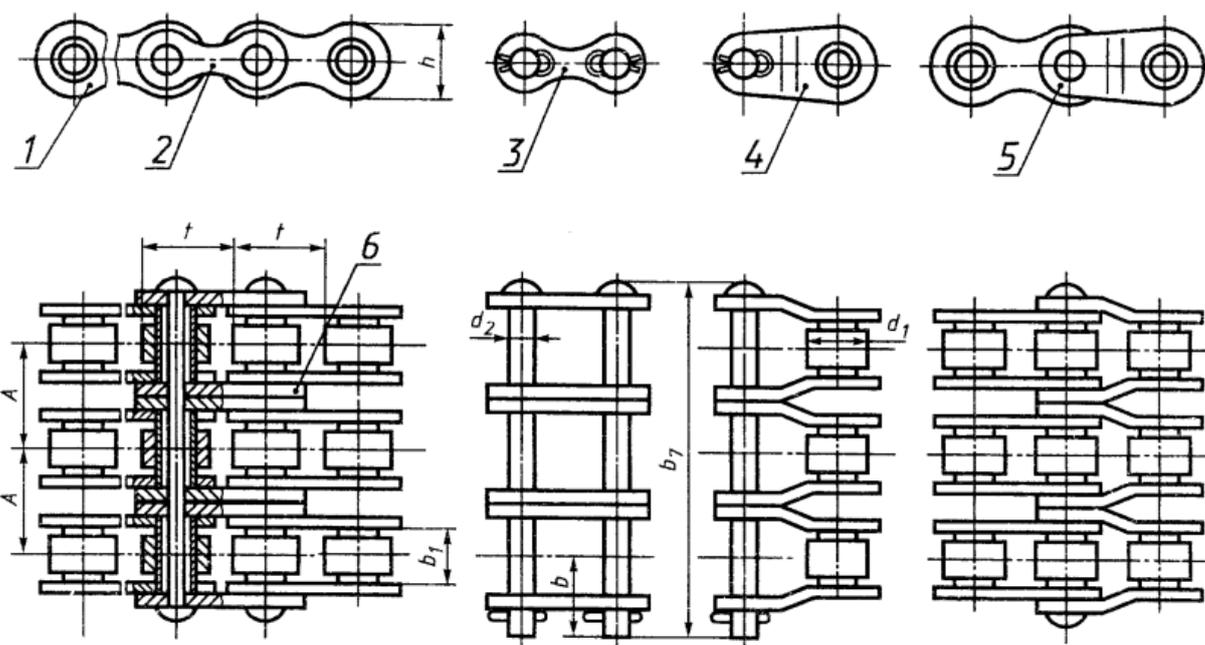


Рисунок 5 – Схема цепи типа ПРЗ

Таблица 4 – Основные параметры и размеры цепи

t	b_1 , не мене е	d_2	d_1, d_4	A	h, не боле е	b_7 , не более	b, не более	Разрушаю щая нагрузка, кН, не менее	Масса 1 м цепи, кг
50,8	31,75	14,27	28,58	58,55	48,3	190	38	680,4	28,3

Технические требования, предъявляемые к цепям, изготавливаемых:

1. Производство цепей необходимо вести в соответствии с согласованными рабочими чертежами и требованиями действующих стандартов;
2. Пластины и пружинные замки следует производить из холоднокатаного металлопроката нормальной или повышенной точности по толщине. Свёртные втулки необходимо изготавливать из обрезного холоднокатаного проката либо плющеной ленты с соблюдением точности по толщине и ширине. Ролики должны выполняться из холоднокатаного проката,

плющенной ленты или калиброванной стали, а валики — из калиброванной стали либо холоднотянутой проволоки;

3. Каждый элемент цепи должен подвергаться термической либо термохимической обработке для обеспечения требуемых показателей твердости;

4. На поверхности деталей не допускаются окалина, трещины, заусенцы, раковины и следы коррозии, способные повлиять на функциональность цепи или ухудшить ее внешние характеристики;

5. Пластины цепей должны иметь защитно-декоративное покрытие. Допускается нанесение покрытия на внутренние поверхности отверстий. Тип покрытия определяется по согласованию с заказчиком или должен соответствовать требованиям утвержденной технической документации;

6. Готовая цепь должна свободно двигаться в сочленениях, обеспечивая плавный ход без заклинивания;

7. Для однорядных цепей предельно допустимый зазор между наружными и внутренними пластинами устанавливается согласно данным таблицы 5. В многорядных цепях общий зазор не может быть больше 80% от значения зазора однорядной цепи, умноженного на количество рядов;

Таблица 5 – Суммарный зазор от шага цепи

Шаг t	8	9,525	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8	63,5	78,1- 140
Зазор	0,4	0,5	0,5	0,5	0,8	1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	3,5

8. Для цепей типов ПР и ПВ с шагом от 8 до 15,875 мм необходимо выполнять испытательное растяжение под нагрузкой, составляющей от 15% до 33% от их предельной прочности на разрыв;

9. Критерии надежности определяются средним сроком работы до возникновения отказа и гарантированной наработкой в условиях ускоренных испытаний;

10. Предельным состоянием цепей при оценке их надежности служит максимально допустимое удлинение контрольного участка, при этом поломка или разрушение элементов цепи не допускается;

11. В цепях не допускается наличие искривлений (пропеллерности и серповидности), препятствующих свободному соединению в кольцо при ручном смыкании;

12. Климатические параметры эксплуатации соответствуют требованиям стандарта и ГОСТ 15150 для исполнений У1 или УХЛ1.1. Возможна работа в условиях УХЛ1.1 при минимальной температуре $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ при обеспечении антикоррозионной защиты (регулярной смазкой и консервацией). Периодичность и способы смазки регламентируются техническими условиями на изделие;

13. Каждая цепь должна быть промаркирована товарным знаком или условным кодом производителя, а также размером шага (кроме цепей с шагом 8–15,875 мм). Маркировка наносится на внешнюю сторону 5% наружных пластин и всех соединительных звеньев. Точные параметры маркировки определяются в технических чертежах;

14. Для защиты от атмосферного воздействия цепи должны подвергаться консервации специальными составами согласно ГОСТ 9.014, гарантирующими антикоррозионную защиту в течение как минимум одного года.

2.5 Принцип сборки и состав подвижной каретки стеллажа

Подвижная каретка стеллажа – рамная конструкция, состоящая из двутавровых балок, соединенных между собой при помощи сварки.

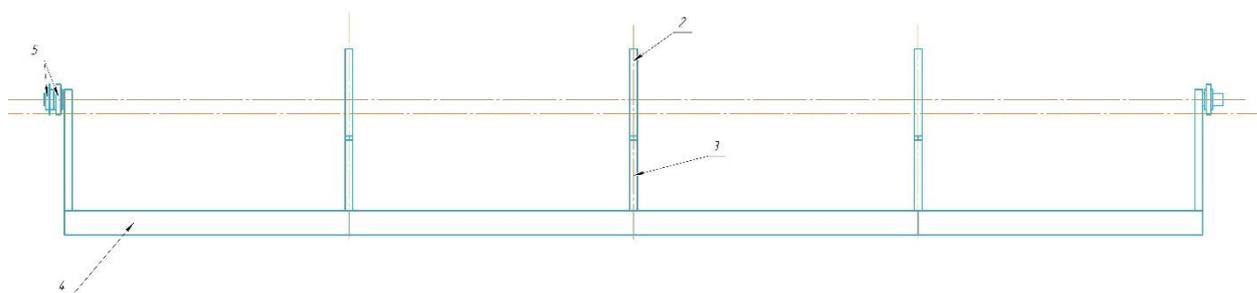


Рисунок 6 – Подвижная каретка стеллажа

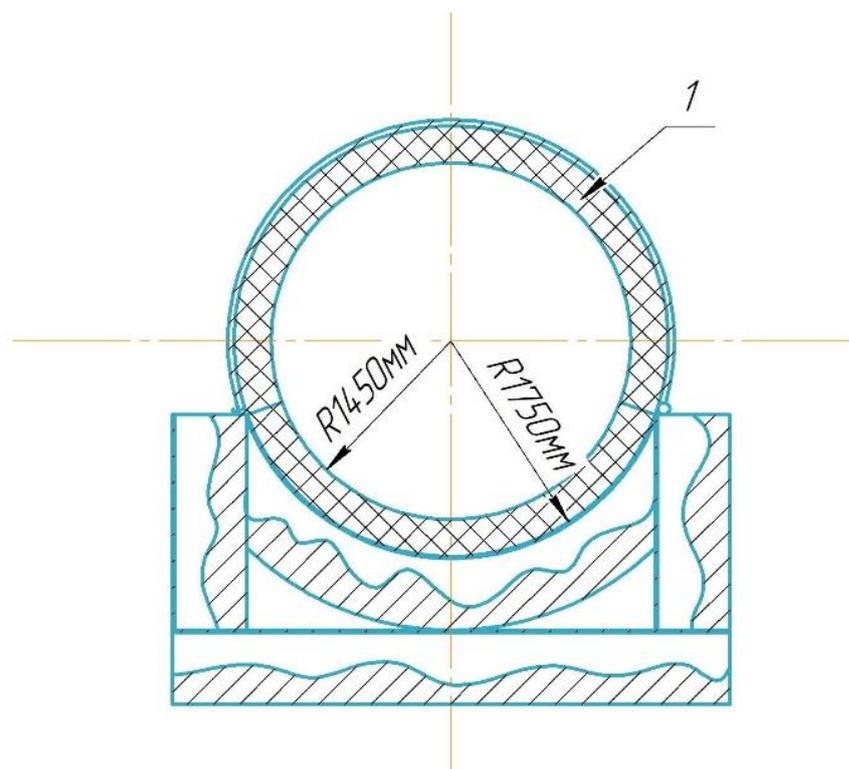


Рисунок 7 – Подвижная каретка стеллажа (срез ложемент)

Под цифрой 1 на рисунке 7 обозначена войлочная прокладка ложемент, которая служит для предотвращения повреждения универсального ракетного модуля от трения о металл ложемент. Цифрой 2 на рисунке 6 обозначена скоба ложемент, которая фиксирует УРМ на ложементе и предотвращает смещение модуля вдоль продольной оси, относительно каретки. Данная скоба предотвращает возможное падение УРМ. Под цифрой 3 на рисунке 6 обозначен сам ложемент, на который укладывается универсальный ракетный модуль. Цифра 4 на рисунке 6 обозначает несущую раму каретки, на которой закреплены ложементы. Под цифрой 5 на рисунке 6 обозначены зубчатые колеса, широкое предназначено для удержания каретки на зубчатых пластинах, которые задают траекторию движения каретки. Узкое колесо предназначено для соединения каретки и роликовой цепи, за счет которой каретка перемещается по траектории внутри внешней рамы стеллажа.

2.6 Первичный выбор электродвигателя

Стеллаж перемещает тяжелые каретки, на которых будут лежать не такие уж и легкие УРМ, хоть и не заправленные. Для перемещения этих кареток требуется мощный электродвигатель.

Первоначально выбираем электродвигатель 5АИ 355 МЛA6 250/1000 IM 1001, выполненный по ГОСТ 31606-2012 и ГОСТ 60034-1-2014.



Рисунок 8 – Электродвигатель 5АИ 355 МЛA6 250/1000 IM 1001

Технические характеристики электродвигателя показаны в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики электродвигателя 5АИ 355 МЛA6 250/1000 IM 1001

Мощность (кВт)	250
Частота вращения (об/мин)	1000
Монтажное исполнение	1001
Напряжение (В)	380/660
КПД	0,95
Габариты (ШxВxГ)	840x1660x1182

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Создание 3D модели подвижной каретки

Для создания 3D модели каретки нужно для начала сделать составные элементы, из которых она собирается. Каретка – это рама, к которой приварены ложементы. Она состоит из двутавровых балок, срезанные под определенным углом с торцов, чтобы обеспечить правильное соединение и непрерывность сварного шва по всему стыку.

Для начала создаются балки для основной рамы каретки в САПР SolidWorks. Эти балки представлены на рисунках 9-13.

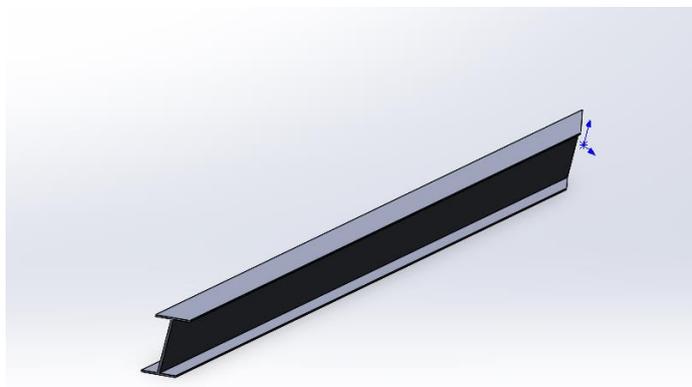


Рисунок 9 – Балка основной рамы каретки торцевая

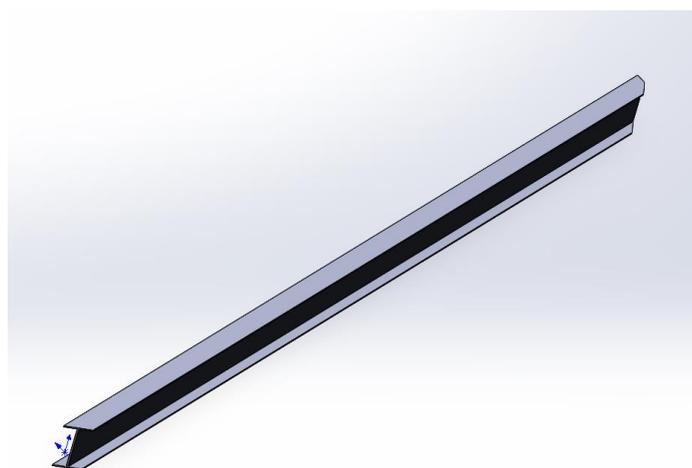


Рисунок 10 – Балка основной рамы каретки фронтальная крайних секций

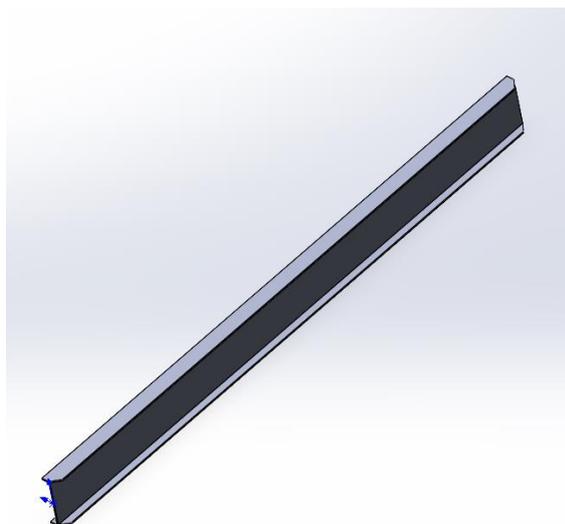


Рисунок 11 – Балка основной рамы каретки фронтальная центральных секций

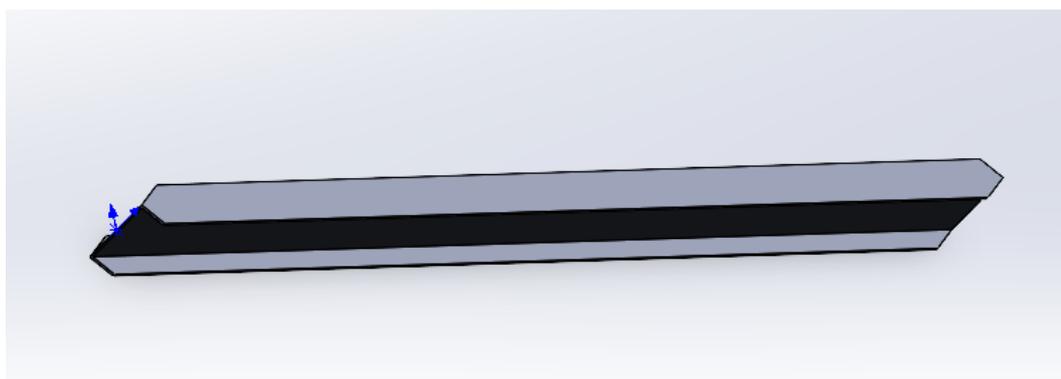


Рисунок 12 – Балка основной рамы каретки поперечная

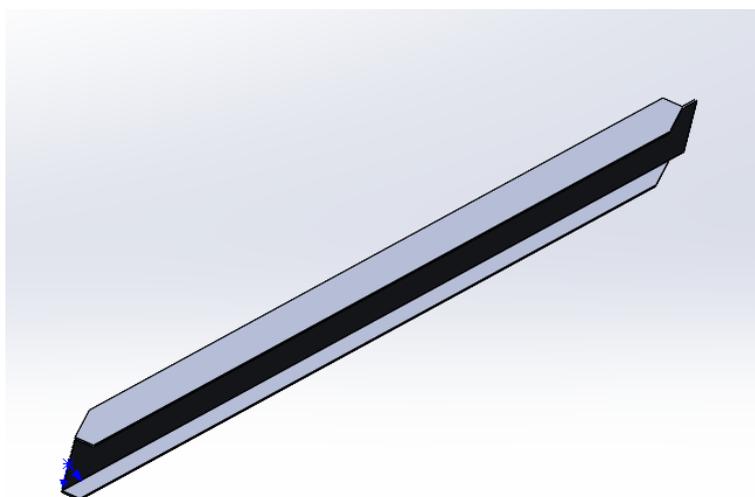


Рисунок 13 – Балка основной рамы каретки, расположенная внутри секции

Собирая эти балки в сборку получаем главную несущую раму каретки, представленную на рисунке 14.

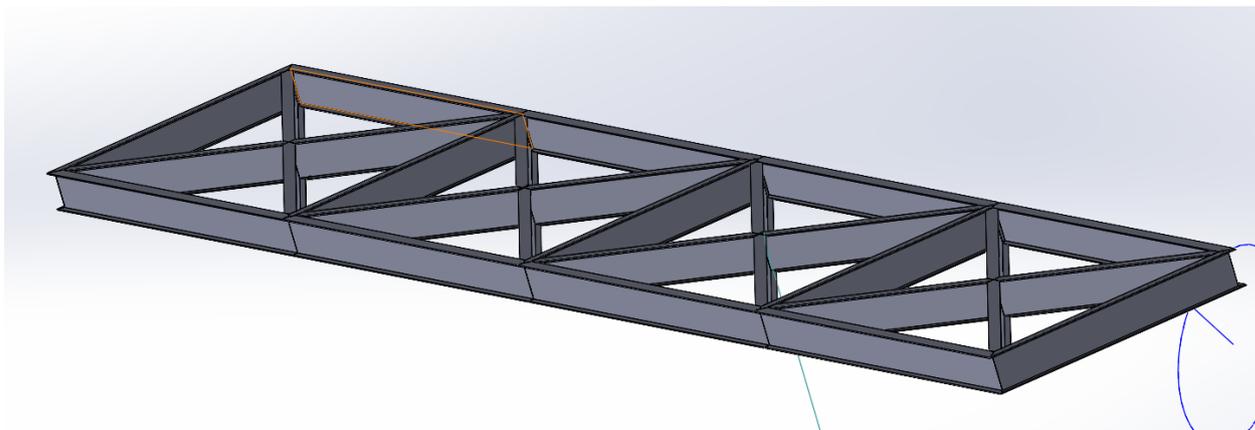


Рисунок 14 – Несущая рама каретки

Следующим этапом создания 3D модели является создание балок для ложементов и креплений каретки к цепи. Эти детали представлены на рисунках 15-19.

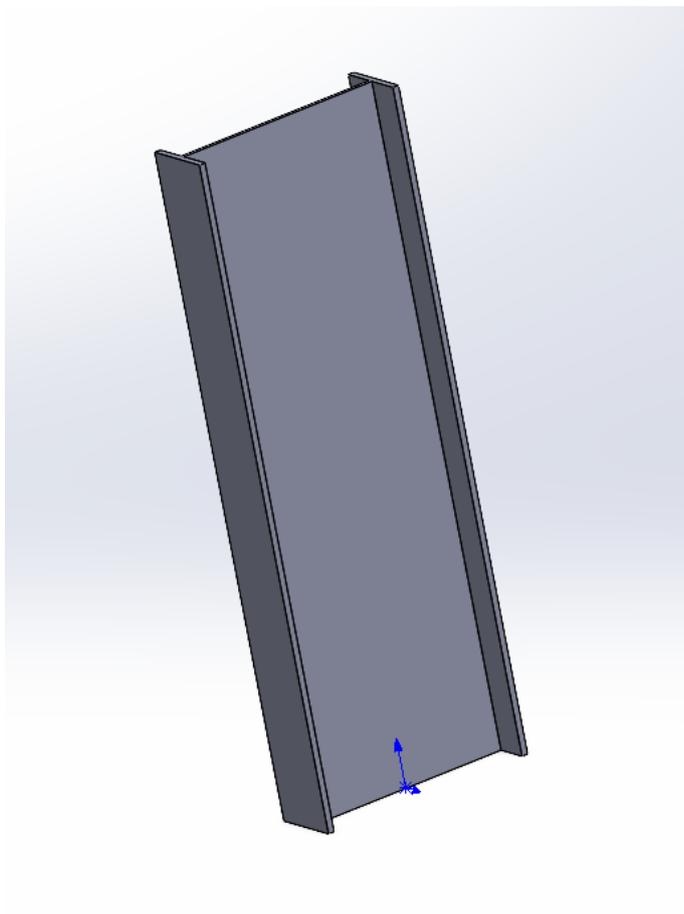


Рисунок 15 – Вертикальная балка ложемента

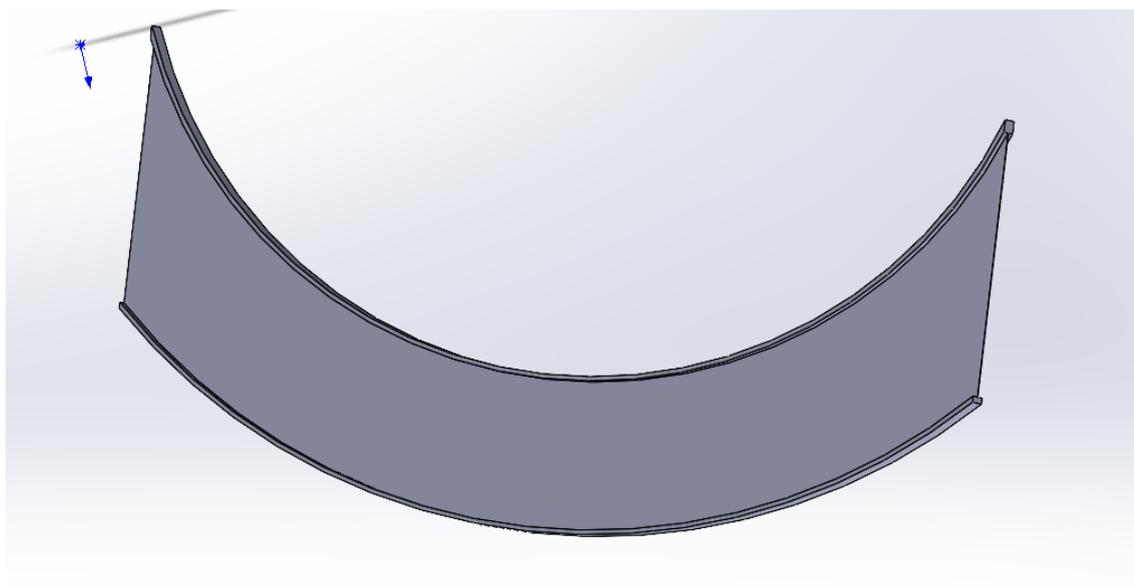


Рисунок 16 – Балка ложемента изогнутая

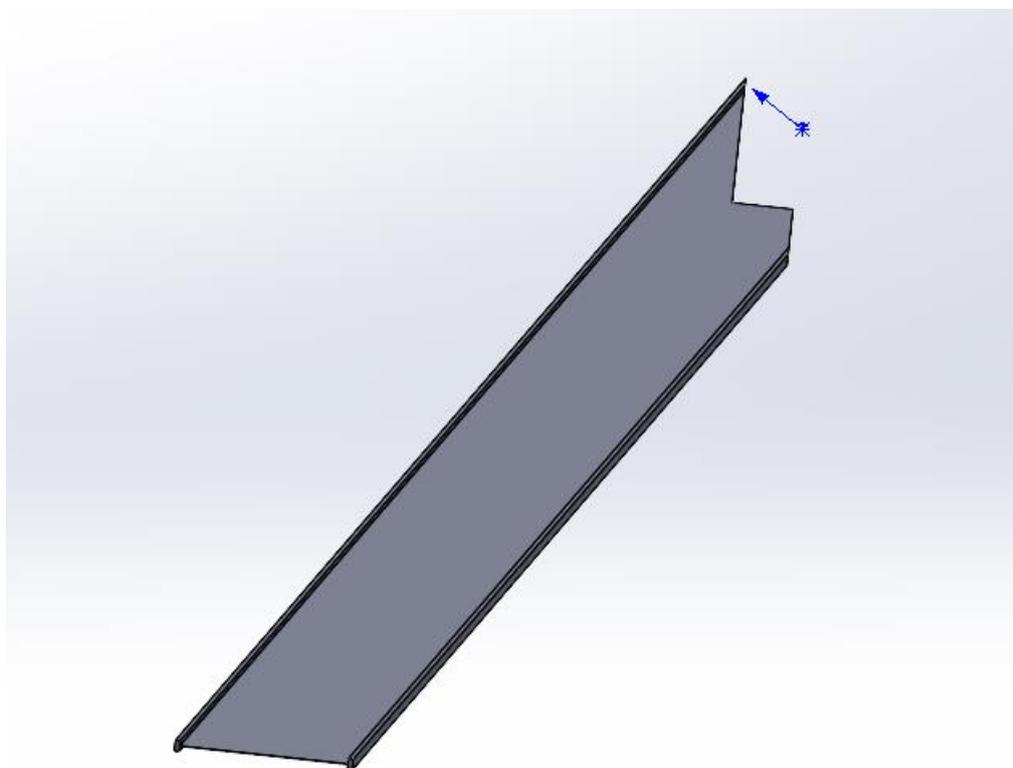


Рисунок 17 – Балка крепления каретки

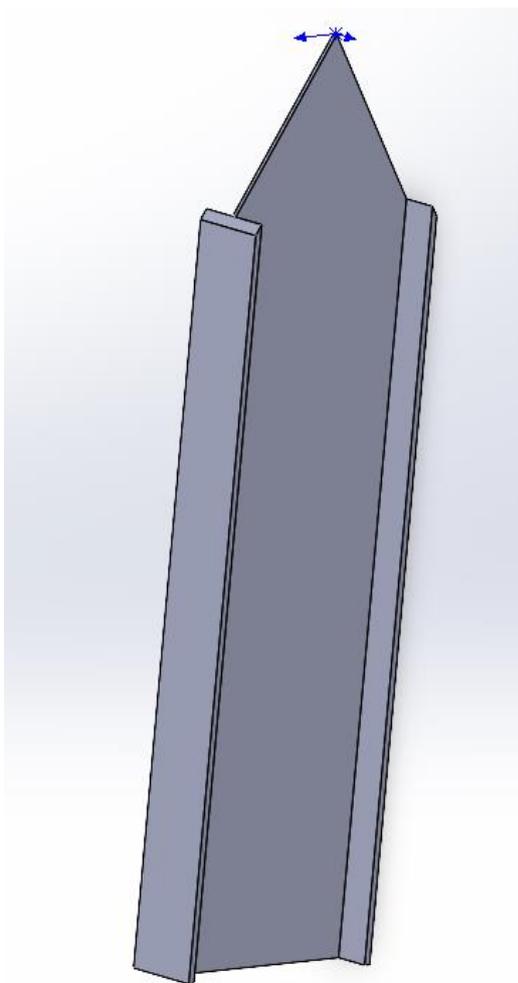


Рисунок 18 – Балка крепления каретки вертикальная

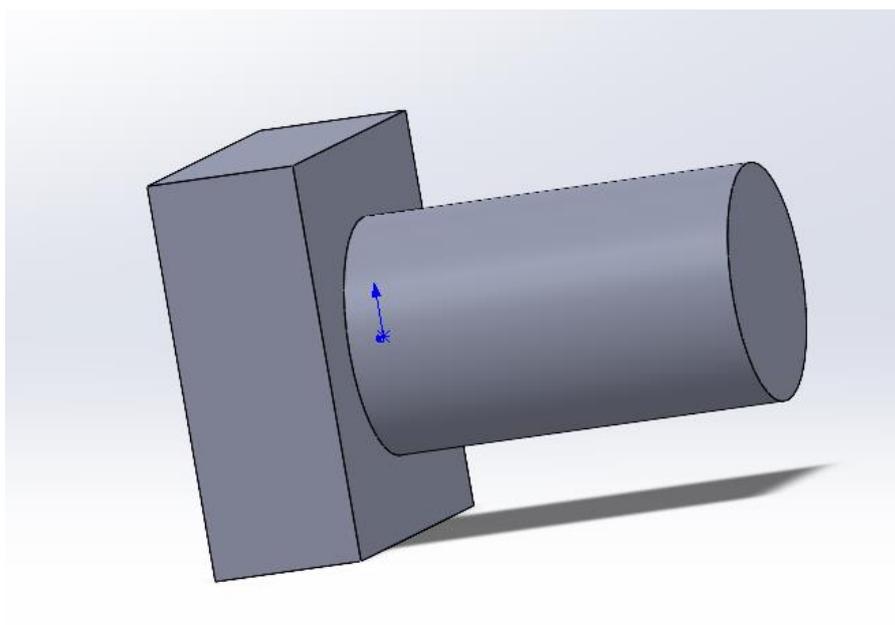


Рисунок 19 – Крепление каретки

Собрав все созданные модели и поставив их на несущую раму получим 3D модель каретки, представленную на рисунке 20.

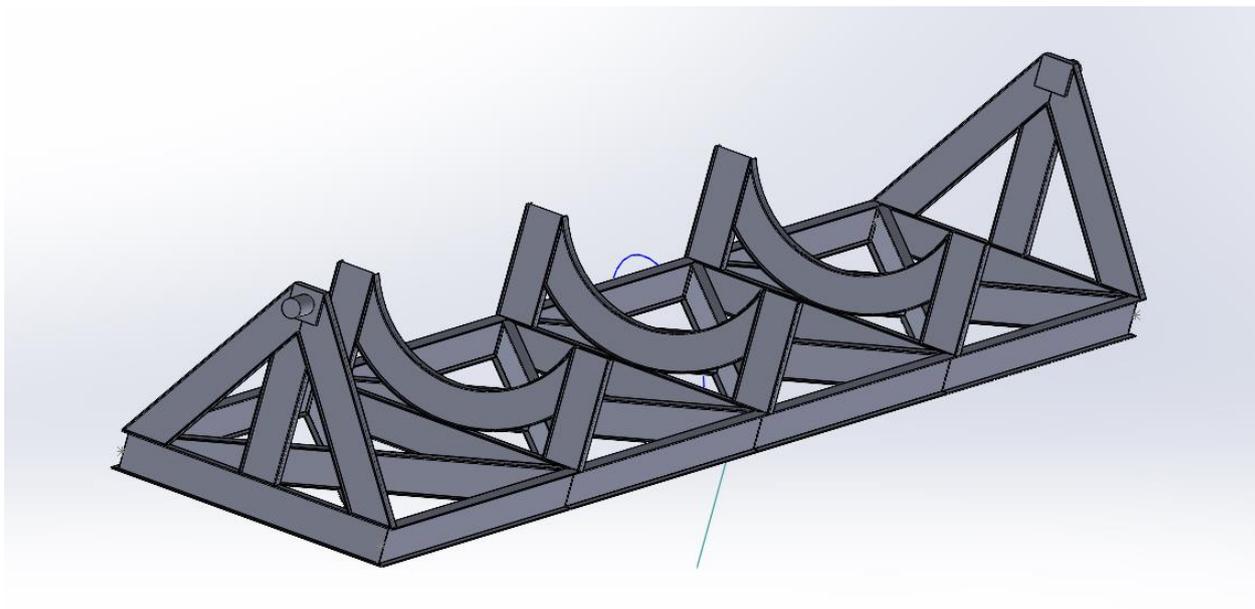


Рисунок 20 – 3D модель каретки

3.2 Расчёт на прочность ложемент с помощью SolidWorks Simulation

Перед началом расчёта на прочность с помощью САПР нужно создать исследуемую модель. Эта модель представлена на рисунке 21.

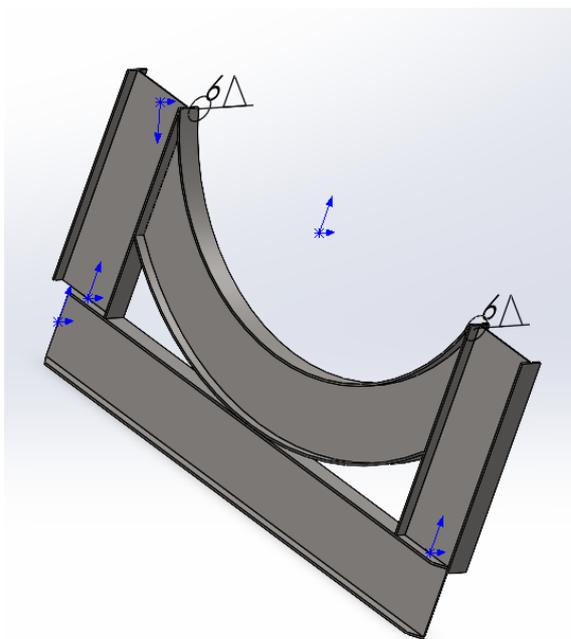


Рисунок 21 – Ложемент

Следующим этапом нужно запустить новое исследование в расширении для SolidWorks под названием SolidWorks Simulation. В этом расширении нажимаем иконку с названием «Новое исследование». Иконка показана на рисунке 22.

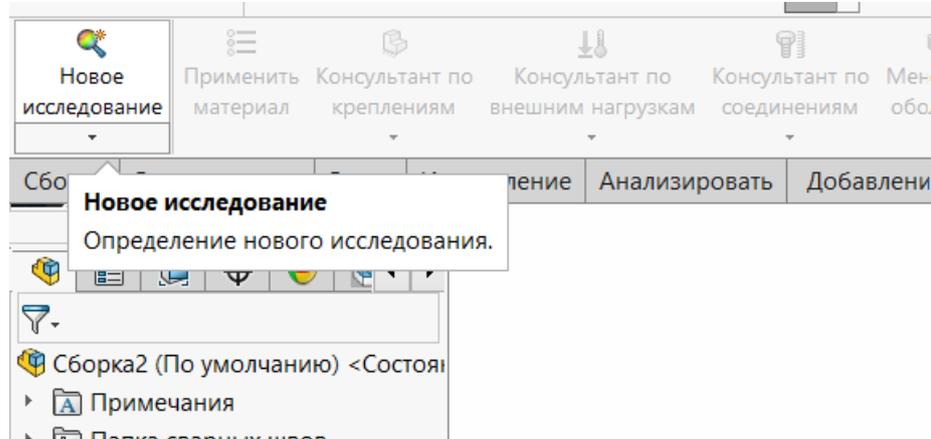


Рисунок 22 – Запуск нового исследования

После начала исследования в САПР требуется задать сетку конечных элементов. От их размера будет зависеть качество исследования. Конечные элементы меньшего размера обеспечивают более высокую точность исследования. Окно выбора размера сетки конечных элементов и примененная сетка на ложемент показаны на рисунках 23 и 24 соответственно.

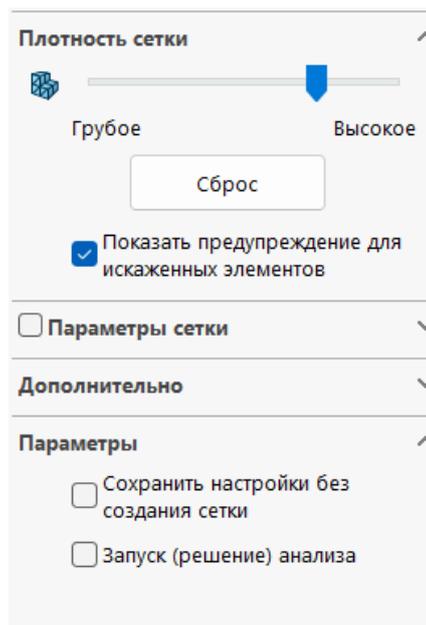


Рисунок 23 – Окно создания сетки конечных элементов

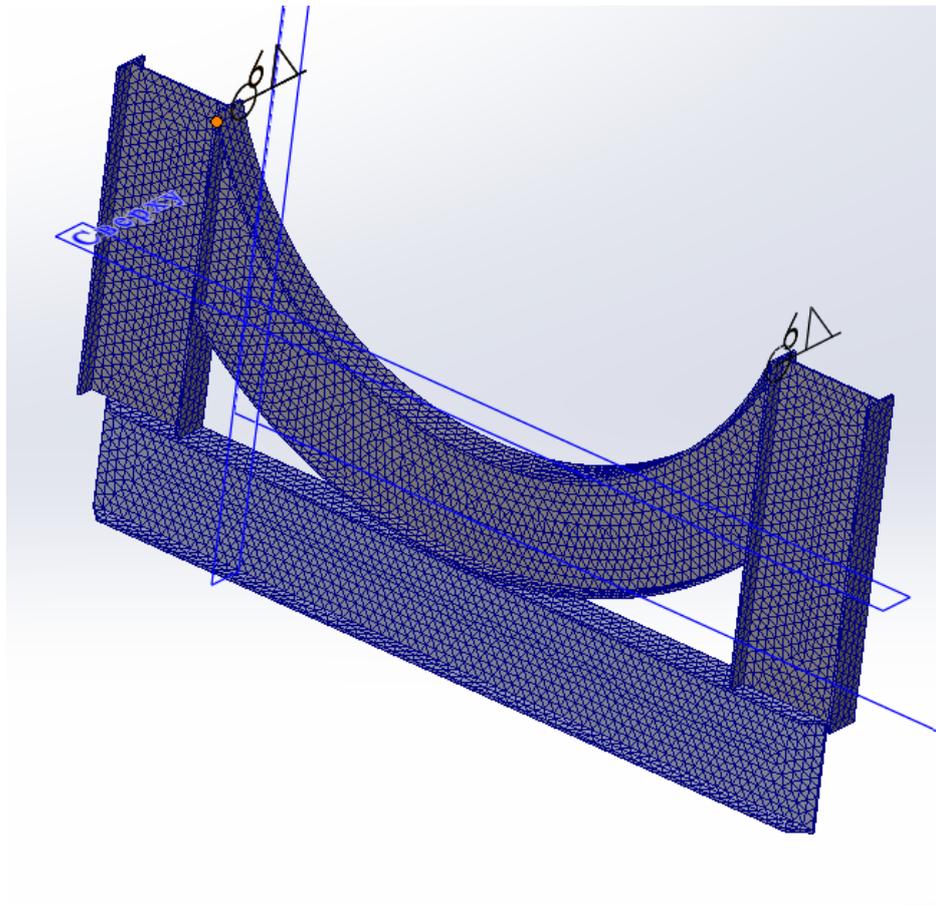


Рисунок 24 – Примененная сетка конечных элементов

Созданная сетка конечных элементов может дать нам высокую точность результатов. Так же для проведения исследования нужно задать материал элементов конструкции. Так как в библиотеке материалов отсутствует сталь марки Ст3сп5 выбираем аналог, имеющийся в библиотеке, а именно сталь марки S235JR (рисунок 25).

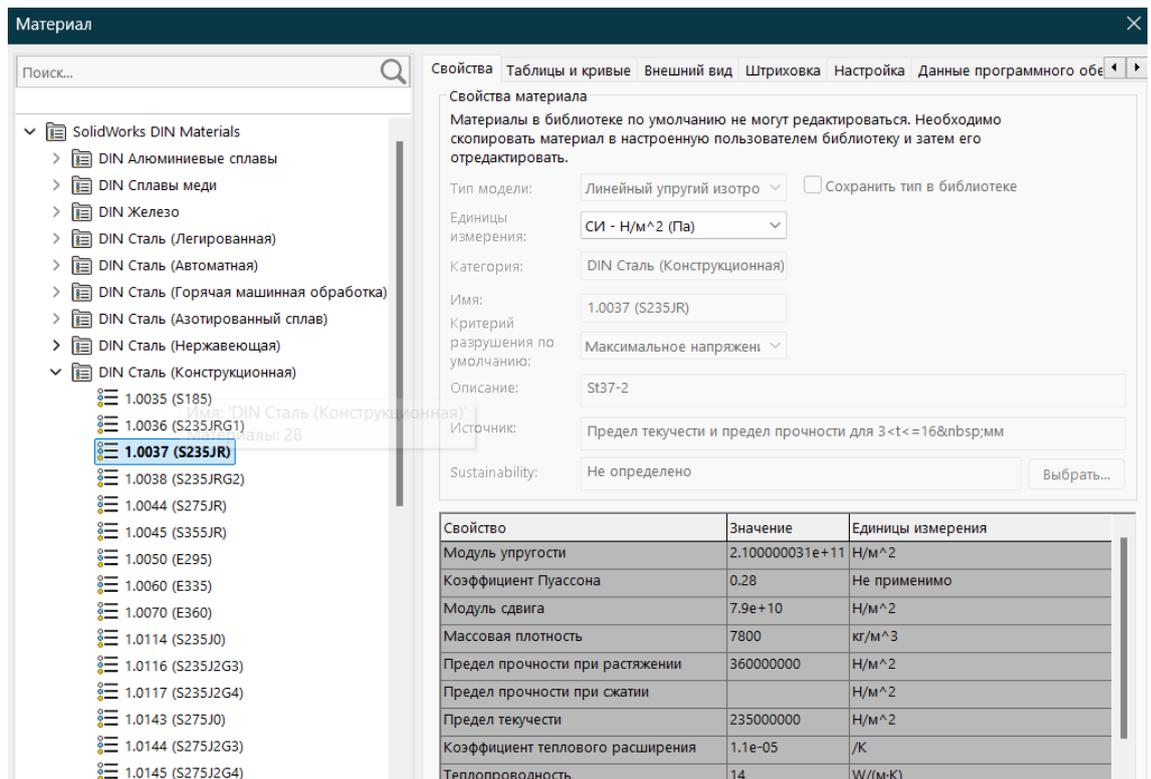


Рисунок 25 – Выбор материала

После этого мы фиксируем нижнюю часть ложемента, задаем действующее усилие, с которым УРМ действует на ложемент (рисунок 26) и запускаем исследование. Результат исследования представлен на рисунке 27.

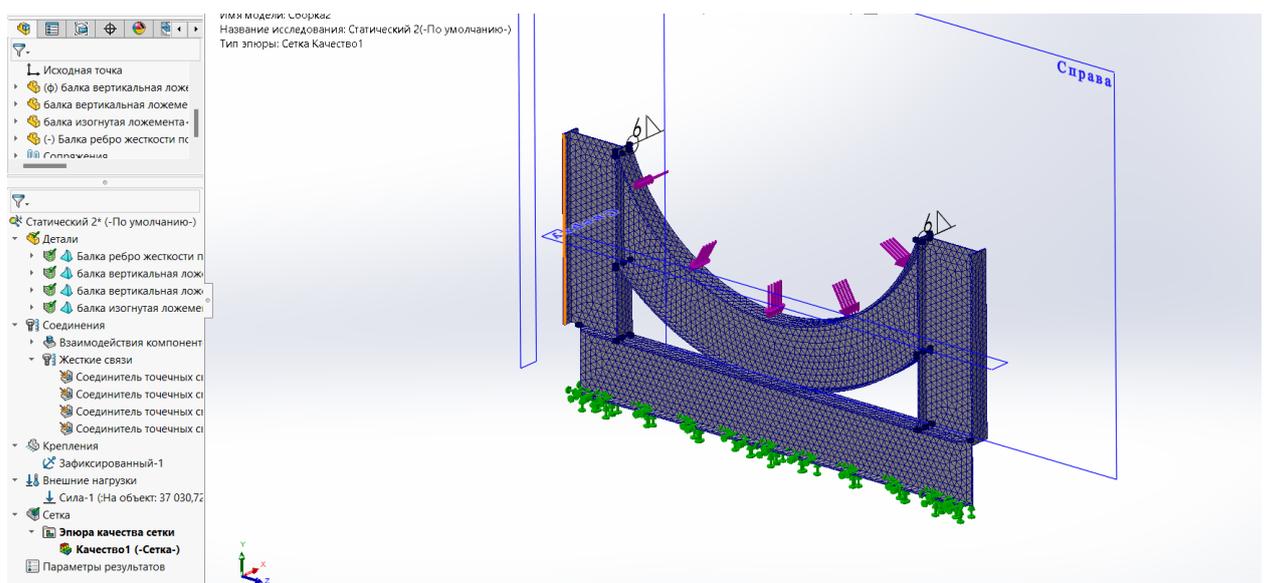


Рисунок 26 – Полностью заданные условия исследования

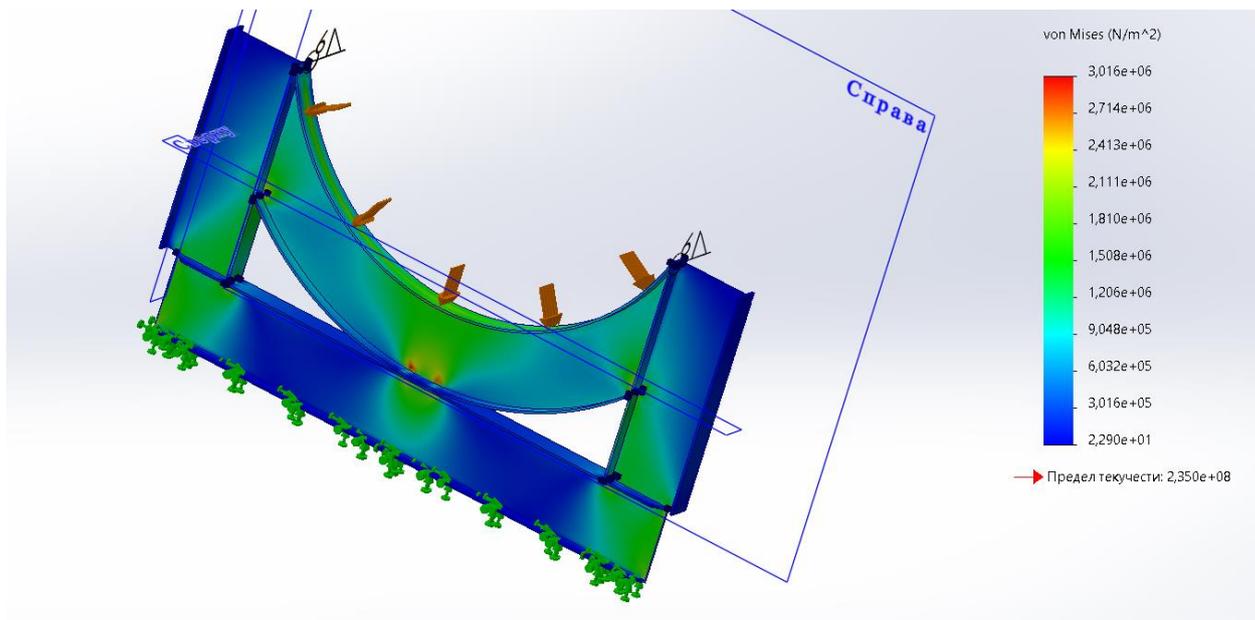


Рисунок 27 – Результат исследования

По результатам исследования эпюры запаса прочности можно увидеть, что предел прочности составляет $\eta=77,92$. Из этого можно сделать вывод, что ложемент выдержит нагрузку. Результат представлен на рисунке 28.

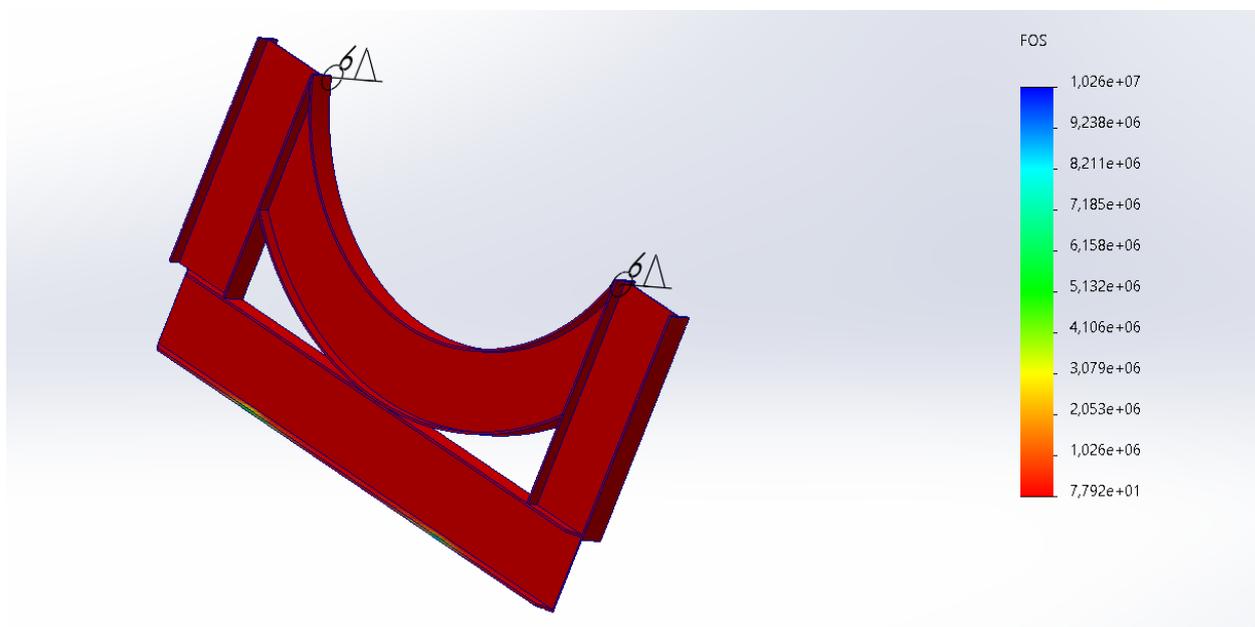


Рисунок 28 – Результаты определения коэффициента запаса прочности

3.3 Разработка технологического процесса сварки

В данном разделе рассматривается разработка технологического процесса сварки стеллажа, включающая определение оптимальных режимов сварки для

соединения тавровых элементов конструкции секции. Анализируются такие методы сварки, как ручная дуговая сварка (РДС) и аргонодуговая сварка. Учитывая, что производство предполагается осуществлять в условиях единичного изготовления, окончательное решение о выборе конкретного метода сварки будет принято в дальнейшем главным сварщиком предприятия с учетом технических возможностей и требований организации.

3.3.1 Расчёт режимов ручной дуговой сварки

Диаметр электрода. При выборе диаметра электрода для сварки можно использовать следующие ориентировочные данные таблицы 7.

Таблица 7 – Определение диаметра электрода

Толщина детали, мм	1-2	3	4-5	6-10	10-15	>15
Диаметр электрода, мм	1,6-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0	>5,0

Исходя из заданной максимальной толщины детали = 17 мм и данных таблицы 7, выбираю диаметр электрода равным 8 мм.

Сила свариваемого тока рассчитывается по формуле:

$$I_{CB} = K \cdot d_{\text{э}}, \quad (1)$$

где K – коэффициент, определяемый из таблицы 8 в зависимости от диаметра электрода.

Таблица 8 – Определение коэффициента K

$d_{\text{э}}, \text{ мм}$	1-2	3-4	5-6
$K, \text{ А/мм}$	25-30	30-45	45-60

Исходя из данных таблицы 8 принимается $K = 60$.

$$I_{CB} = 60 \cdot 8 = 480 A$$

В соответствии с особенностями свариваемого материала полярность тока обратная.

Напряжение горения дуги пропорционально длине дуги:

$$U_A = \alpha + \beta \cdot l_A, \quad (2)$$

где α, β – опытные коэффициенты;

l_A – вылет электрода.

Для стальных электродов:

$$\alpha = 10 \text{ В};$$

$$\beta = 2 \frac{\text{В}}{\text{мм}}$$

$$l_A = 0,5 \cdot (d_э + 2) = 0,5 \cdot (8 + 2) = 5 \text{ мм} \quad (3)$$

$$U_A = 10 + 2 \cdot 5 = 20 \text{ В}$$

Количество проходов при сварке устанавливают в зависимости от толщины свариваемых кромок и вида сварного соединения (таблица 9).

Таблица 9 – Количество проходов при сварке тавровых соединений

Толщина металла, мм	2-8	10	12	14	16	18-20	22
Количество проходов, n	1	2	3	4	5	6	7

Исходя из данных таблицы, при толщине металла, равной 17 мм, принимаю количество проходов $n = 6$.

Для соединения Т1 (тавровое) площадь наплавки определяется из выражения:

$$F_{шв} = \frac{K_v \cdot K^2}{2}, \quad (4)$$

где

$K = 8$ мм, принимаемый для $\delta = 8$ мм по ГОСТ 5264-80.

$K_v = 1,1$ при $K = 8$ мм.

$$F_{шв} = \frac{1,1 \cdot 0,8^2}{2} = 0,352 \text{ см}^2.$$

Скорость сварки определяется по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св} \cdot n}{100 \cdot F_{шв} \cdot \rho}, \quad (5)$$

где α_H – коэффициент наплавки, принимается равным 8;

$F_{шв}$ – площадь поперечного сечения шва;

ρ – плотность металла электрода ($\rho = 7,8$ г/см³).

$$V_{св} = \frac{8 \cdot 480 \cdot 6}{100 \cdot 0,352 \cdot 7,8} = 83,9 \frac{\text{м}}{\text{ч}}.$$

Масса наплавленного металла для ручной дуговой сварки рассчитывается по формуле:

$$G_H = F_{шв} \cdot L \cdot \rho, \quad (6)$$

где L – длина шва (примем равным 20 см).

$$G_H = 0,352 \cdot 20 \cdot 7,8 = 54,912 \text{ г}.$$

Время горения дуги определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{св} \cdot \alpha_H}; \quad (7)$$

$$t = \frac{54,912}{480 \cdot 8} = 0,014 \text{ ч.}$$

Полное время сварки приближенно определится по формуле:

$$T = \frac{t_0}{k_{\Pi}}; \quad (8)$$

где t_0 – время горения дуги;

k_{Π} – коэффициент использования сварочного поста, принимается для ручной сварки 0,5 - 0,55.

$$T = \frac{0,014}{0,55} = 0,026 \text{ ч.}$$

Расход электроэнергии определяется по формуле:

$$A = \frac{U_A \cdot I_A}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0 \cdot (T - t_0); \quad (9)$$

$$A = \frac{20 \cdot 480}{0,7 \cdot 1000} \cdot 0,014 + 3 \cdot (0,026 - 0,014) = 0,069 \text{ кВт} / \text{ч.}$$

3.3.2 Особенности технологии и выбор оборудования для ручной дуговой сварки

Ручная дуговая сварка с использованием покрытых электродов применяется для выполнения большого объема сварочных работ при производстве сварных конструкций. Наиболее широко используется именно этот метод. Схема процесса ручной дуговой сварки металлическим покрытым электродом представлена на рисунке 29.

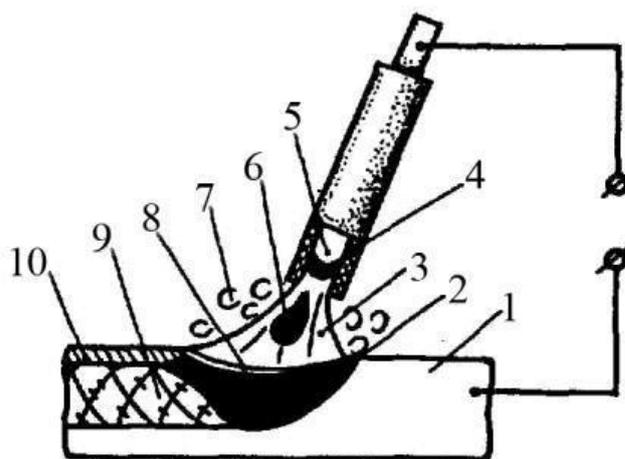


Рисунок 29 – Схема процесса ручной дуговой сварки с покрытыми электродами

Дуга 3 горит между электродным стержнем 5 и основным металлом 1. Под воздействием тепла дуги происходит расплавление как электродного стержня, так и основного металла, образуя сварочную ванну 2. Жидкие капли металла 6, образующиеся на конце электродного стержня, переносятся в ванну через дуговой промежуток. В процессе плавления также расплавляется электродное покрытие 4, создавая газовую защиту 7 и жидкую шлаковую пленку 8 на поверхности расплавленного металла. По мере поддержания дуги сварочная ванна охлаждается и затвердевает, формируя сварной шов 9. Жидкий шлак также затвердевает, образуя твердую шлаковую корку 10 на поверхности шва, которая удаляется после завершения сварочных работ. Такой способ обеспечивает газошлаковую защиту расплавленного металла от взаимодействия с воздухом и позволяет проводить необходимую металлургическую обработку внутри ванны.

Для ручной дуговой сварки необходимо следующее оборудование:

- источник питания;
- электрододержатель;
- сварочные кабели и зажимы.

В качестве источника питания выбираем сварочный выпрямитель Кавик ВД-501 УЗ (рисунок 30, таблица 10).



Рисунок 30 – Сварочный выпрямитель Кавик ВД-501 УЗ

Таблица 10 – Характеристики выпрямителя Кавик ВД-501 УЗ

Напряжение сети, В	380
Масса, кг	135
Режим работы, ПВ%	60
Напряжение холостого хода, В	80
Диапазон сварочного тока, А	70-500
Мощность, кВт	22

В качестве электрододержателя выбираем ЭД-5001 пассатижного типа (таблица 11).

Таблица 11 – Характеристики ЭД-5001

Марка	$I_{св}, А$	$d_э, мм$	Сечение кабеля, мм ²	Масса, кг
ЭД-5001	500	4...16	70	0,62

Сталь ст3сп5 относится к углеродистым сталям. Углеродистые стали очень хорошо свариваются.

Принимается решение в качестве электрода для сварки стали ст3сп5 использовать электрод МР-3 ГОСТ 9466-75.

3.3.3 Расчёт режимов сварки в защитных газах

Диаметр электродной проволоки выбирается по таблице 11 в зависимости от толщины свариваемого металла.

Таблица 12 – Зависимость диаметра проволоки от толщины детали

Толщина свариваемого металла S , мм	0,6-1,0	1,2-2,0	3,0-4,0	5,0-8,0	9,0-10,0	11,0-15,0
Диаметр электродной проволоки $d_э$, мм	0,5	0,8	1,0	1,4	1,6	2,0

Исходя из таблицы 12, принимаю диаметр электродной проволоки $d_э = 2,0$ мм.

Выбираем Проволоку СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70.

Величину сварочного тока определяют по формуле:

$$I_{CB} = 100 \cdot d_э \cdot (d_э - 0,5) + 50; \quad (10)$$

$$I_{CB} = 100 \cdot 2 \cdot (2 - 0,5) + 50 = 350 \text{ A}.$$

Плотность тока определяется по формуле:

$$J = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d_э^2}; \quad (11)$$

$$J = \frac{4 \cdot 350}{\pi \cdot 2^2} = 111,5 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2}.$$

Напряжение на дуге найдём по формуле:

$$U_{д} = 8 \cdot (d_{np} + 1,6); \quad (12)$$

$$U_{д} = 8 \cdot (2 + 1,6) = 28,8В.$$

Коэффициент расплавления определяется по формуле:

$$\alpha_p = (8,3 + 0,22 \cdot (\frac{I_{CB}}{d_э})) \cdot 0,36; \quad (13)$$

$$\alpha_p = (8,3 + 0,22 \cdot (\frac{350}{2})) \cdot 0,36 = 22,16 \frac{Г}{А \cdot ч}.$$

Коэффициент наплавки определяется по формуле:

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot (1 - \frac{\varphi}{100}); \quad (14)$$

$$\alpha_H = 22,16 \cdot (1 - \frac{10}{100}) = 19,94 \frac{Г}{А \cdot ч}.$$

где φ – потери электродного металла вследствие окисления, испарения и разбрызгивания принимают обычно $\varphi = 10\%$.

Скорость сварки определяется по формуле:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{F_H \cdot \gamma}, \quad (15)$$

где γ – плотность наплавленного металла, F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла

$$V_{CB} = \frac{19,94 \cdot 350}{0,352 \cdot 7,8} = 25,41 \frac{М}{ч}.$$

Вылет электрода рассчитывается по формуле:

$$l_э = 10 \cdot d_э = 10 \cdot 2 = 20мм. \quad (16)$$

Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле:

$$V_{III} = \frac{4 \cdot \alpha_P \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot \gamma}; \quad (17)$$

$$V_{III} = \frac{4 \cdot 22,16 \cdot 350}{\pi \cdot 0,2^2 \cdot 7,8} = 316,7 \frac{\text{м}}{\text{А} \cdot \text{ч}}.$$

Выбираем аргон в качестве защитного газа.

Расход газа определяется по таблице 13.

Таблица 13 – Расход аргона в зависимости от силы сварочного тока

Сила сварочного тока, А	50-60	90-100	150-160	220-240	280-300	360-380	430-450
Расход	8-10	8-10	9-10	15-16	15-16	18-20	18-20

Исходя из данных принимаю расход газа 18 л/мин.

Для сварки используется технический жидкий аргон в баллонах чёрного цвета, технические условия в соответствии с ГОСТ 10157-2016.

3.3.4 Выбор оборудования для сварки в защитных газах

В качестве сварочного полуавтомата выбираем BlueWeld MEGAMIG 480 R.A. - 400V-420A-D=2 mm 827475.

Сварочный полуавтомат BlueWeld MEGAMIG 480 R.A., рассчитанный на работу при напряжении 400 В и токе до 420 А, с диаметром проволоки D=2 мм (артикул 827475), предназначен для выполнения сварочных работ с использованием сплошной проволоки в защитных газах. Согласно стандарту ИСО 4063-90, данный метод сварки обозначается как MIG (Metal Inert Gas) или MAG (Metal Active Gas). Он широко применяется для соединения углеродистых и легированных сталей. В качестве защитных газов при сварке MAG используются активные газы, такие как углекислый газ и их смеси, которые участвуют в формировании сварного шва. При сварке MIG применяются инертные газы — аргон и гелий, которые не вступают в химическую реакцию с

металлом. Использование защитных газов обеспечивает надежную защиту зоны сварки от окисления и вредных воздействий окружающей среды, что значительно повышает качество получаемого сварного соединения.

Основные характеристики полуавтомата представлены в таблице 14.



Рисунок 31 – Сварочный полуавтомат BlueWeld MEGAMIG 480 R.A. - 400V-420A-D=2 mm 827475

Таблица 14 – Сварочный полуавтомат BlueWeld MEGAMIG 480 R.A. - 400V-420A-D=2 mm 827475 характеристики

Напряжение питания, В	3*380
Максимальная мощность, кВт	19
Сварочный ток max, А	420
Диаметр проволоки, min	0,8
Диаметр проволоки, max	2,0

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Разрабатываемый стеллаж является электрифицированным механическим устройством, следовательно и опасности, которые присутствуют в процессе эксплуатации стеллажа связаны с электричеством и механизмами. На мой взгляд необходимо уделить внимание электробезопасности, так как напряжение, которое используется электродвигателем стеллажа равняется 380 В, а сам стеллаж сделан из металла, который является электропроводным. Безопасность при эксплуатации механизмов же не нуждается в каких либо особых условиях, так как у стеллажа нет открытых механизмов, находящихся в легкой доступности эксплуатирующего персонала.

4.1 Основные аспекты электробезопасности

Электробезопасность – это система мер и средств, направленных на предотвращение опасного и вредного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества на человека. Это включает в себя организационные мероприятия, технические средства и образовательные процессы, направленные на обеспечение безопасности при работе с электрическими устройствами и электроэнергией. На основании ГОСТ 12.1.009-2017 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность"

Основные аспекты электробезопасности на основании ГОСТ 12.1.009-2017 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность":

- Организационные мероприятия – это разработка правил и инструкций по электробезопасности, назначение ответственных лиц, обучение персонала, периодическая проверка знаний, проведение инструктажей и т.д.
- Технические средства – это использование средств защиты от поражения электрическим током (диэлектрические перчатки, обувь, коврики и т.д.), применение устройств защиты от короткого замыкания (автоматические выключатели, предохранители), установка предупредительной сигнализации и т.д.

- Образовательные процессы – обучение персонала правилам работы с электроустановками, проведение инструктажей по электробезопасности, периодическая проверка знаний по электробезопасности.

В разрабатываемом стеллаже используется электрооборудование, требующее питания в 380 вольт. Поражение электрическим током напряжением 380 Вольт очень опасно, так как может привести к серьезным повреждениям и даже смерти.

Возможные последствия поражения током 380 Вольт:

- Глубокие ожоги:

Высокое напряжение может вызывать обширные и глубокие ожоги на теле, в том числе ожоги конечностей и сморщивание мягких тканей.

- Остановка сердца:

Ток может вызвать аритмию или остановку сердца, что может привести к летальному исходу.

- Паралич дыхательной мускулатуры:

Удар током может привести к параличу дыхательной мускулатуры, что также угрожает жизни.

- Повреждение внутренних органов:

Электрический ток может повредить внутренние органы, такие как желудок, кишечник, печень, и почки, что приводит к серьезным внутренним кровотечениям и другим повреждениям.

- Неврологические повреждения:

Возможны неврологические повреждения, такие как судороги, потеря сознания и другие нарушения нервной системы.

Оборудование, работающее от напряжения 380 Вольт, должно быть оснащено соответствующими силовыми кабелями, розетками, вилками и другими компонентами, рассчитанными на данное напряжение (Правила устройства электроустановок. Издание 7). Важно также соблюдать требования к безопасности при работе с таким напряжением.

Подробнее:

- Силовые кабели:

Для подключения оборудования к сети 380В используются кабели с большим сечением и повышенной изоляцией, чтобы выдерживать ток и напряжение.

- Розетки и вилки:

Розетки и вилки должны быть рассчитаны на 380В и соответствующий ток, чтобы обеспечить безопасное подключение и отключение оборудования. По ГОСТ 12.1.019 2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

- Коммутационные элементы:

Для управления работой оборудования используются реле, пускатели, контакторы и другие коммутационные элементы, рассчитанные на напряжение 380В и соответствующую мощность. По ГОСТ 12.1.019 2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

- Защитные устройства:

Для защиты оборудования от перегрузок и коротких замыканий используются автоматические выключатели, предохранители и другие защитные устройства, соответствующие требованиям безопасности. По ГОСТ 12.1.019 2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

- Электрическая схема:

Оборудование, работающее от 380В, должно иметь правильно спроектированную и установленную электрическую схему, соответствующую требованиям безопасности и нормам.

- Заземление:

Важно обеспечить правильное заземление оборудования, чтобы предотвратить поражение электрическим током в случае неисправности. Обеспечивается по условиям, указанным в ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

- Средства индивидуальной защиты:

Необходимо использовать средства индивидуальной защиты, такие как спецодежда, обувь, защитные очки, перчатки и т.п. (диэлектрические перчатки, боты или галоши, изолирующие подставки и коврики), чтобы защитить себя от воздействия электрического тока и других опасностей. Требования к СИЗ регулируются нормативным документом ГОСТ 12.4.283-2019 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, обеспечивающая защиту от поражения электрическим током. Общие требования и методы испытаний»

Работа с электроэнергией напряжением 380 вольт требует от людей, занимающихся этой деятельностью, строгого соблюдения мер безопасности и наличия соответствующих навыков. К основным требованиям относятся: обучение и квалификация, использование средств защиты, понимание принципов электробезопасности, знание правил работы с оборудованием и следование им, а также умение действовать в экстренных ситуациях. Для работы с электрооборудованием с напряжением 380 вольт требуется как минимум 3 группа допуска на электробезопасность. Эта группа безопасности дает допуск к самостоятельной работе с оборудованием, без присмотра обладателей 4 и 5 групп допуска на электробезопасность.

4.2 Расчёт устройства защитного отключения для стеллажа

Расчет УЗО для электрооборудования – это процесс определения подходящего УЗО для защиты людей и оборудования от поражения током и пожара. Методика расчета включает оценку тока утечки потребителей и сети, и выбор УЗО с соответствующим номинальным током срабатывания.[7]

1. Оценка тока утечки:

- Ток утечки потребителей:

Оценивается как 0,4 мА на 1 А потребляемого тока нагрузки (например, стиральной машины, плиты).

- Ток утечки сети:

Оценивается как 10 мкА на 1 метр длины фазного провода.

- Суммарный ток утечки:

Суммируются ток утечки потребителей и ток утечки сети.

2. Выбор УЗО:

Номинальный ток УЗО:

- Суммарный ток утечки не должен превышать 33% номинального тока УЗО.

- Выбор УЗО по типу защиты:

Для защиты от поражения током

Для защиты от пожара

- УЗО на вводе:

Для защиты всей проводки (например, в щитке) может использоваться УЗО с большим номинальным током (например, 300 мА).

- УЗО на отдельных потребителях:

Для защиты отдельных потребителей (например, стиральной машины, электроплиты) можно использовать УЗО с меньшим номинальным током (например, 10 или 30 мА).

Для разрабатываемого стеллажа будет проводиться расчёт УЗО на отдельных потребителей. Потребляемая мощность 250 кВт, длину фазного провода примем равной 10 м.

1. Ток потребления потребителя: $250000 \text{ Вт} / 380 \text{ В} \approx 658 \text{ А}$
2. Ток утечки потребителя: $658 \text{ А} \cdot 0,4 \text{ мА} = 263,2 \text{ мА}$
3. Ток утечки провода: $10 \text{ мкА} \cdot 10 \text{ м} = 0,1 \text{ мА}$
4. Суммарный ток утечки: $263,2 \text{ мА} + 0,1 \text{ мА} = 263,3 \text{ мА}$
5. Номинальный ток утечки УЗО: $263,3 \text{ мА} \cdot 100\% / 33\% = 797,9 \text{ мА}$

Исходя из расчетного значения тока утечки рекомендуется взять УЗО, рассчитанное как минимум на 800 мА. Я рекомендую выбрать Автоматический выключатель КЭАЗ ВА47-29-1D1-УХЛ3.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В рамках этой главы будет рассмотрена стоимость материалов, устройств, механизмов, которые будут использованы для создания разрабатываемого стеллажа. Стоимость изделия напрямую влияет на целесообразность его создания.

5.1 Стоимость материалов

Для создания стеллажа будет использован листовой металл, двутавровые балки. Стоимость двутавровых балок высчитывается за метр либо за тонну. Общая длина двутавровых балок, требуемых для конструкции равна 860,6 метров. Плотность выбранной стали равна $7,85 \text{ г/см}^3$, площадь поперечного сечения балки $134,41 \text{ см}^2$. Стоимость двутавра за тонну – 79500 у.е.

Масса требуемого количества двутавра равна:

$$m = S \cdot l \cdot \rho = 134,41 \cdot 86060 \cdot 7,85 = 90803498 \text{ г} = 90,8 \text{ тонн} \quad (18)$$

Стоимость материала за тонну:

$$C_m = 79500 \cdot 90,8 = 7218600 \text{ у.е.}$$

Листовой металл в конструкции используется двух размеров – 1250 мм на 2500 мм и 1250 мм на 3000 мм. Толщина листов 1 мм. Стоимость листа 1250 мм на 2500 мм равна 1900 у.е. за штуку, а листа 1250 мм на 3000 мм 2493 у.е. за квадратный метр. В конструкции используется 238 листов 1250 мм на 2500 мм и 340 листов 1250 мм на 3000 мм.

Стоимость листов 1250 мм на 3000 мм:

$$S = 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{полн.}} = 3,75 \cdot 340 = 1275 \text{ м}^2$$

$$C = 1275 \cdot 2493 = 3178575 \text{ у.е.}$$

Стоимость листов 1250 мм на 2500 мм:

$$C = 238 \cdot 1900 = 452200 \text{ у.е.}$$

5.2 Стоимость изделий, используемых в создании стеллажа

Изделиями, используемыми для стеллажа, являются цепь ЗПР-50,8-680,4 и электродвигатель 5АИ 355 МЛA6 250/1000 IM 1001. Электродвигатель имеет стоимость, которая не зависит не от каких либо параметров и составляет 920725,20 у.е.. Цепь же продается по цене за метр. Требуемая длинна цепи равна 17,4 метра. Стоимость метра цепи равна 3975 у.е..

Стоимость цепи:

$$C = 17,4 \cdot 3975 = 69165 \text{ у.е.}$$

5.3 Общая стоимость

Общая стоимость – это стоимость всех требуемых материалов и изделий.

Общая стоимость:

$$C_{\text{общ}} = 7218600 + 3178575 + 452200 + 920725,20 + 69165 = 11839265,2 \text{ у.е.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой главе выпускной квалификационной работы рассмотрены виды промышленных стеллажей, а также основные особенности мест хранения УРМ РН семейства «Ангара». Подробно описана конструкция существующего стеллажа, используемого для хранения УРМ на космодроме «Восточный», а также рассмотрены особенности его эксплуатации.

В рамках второй главы был выбран механизм, который будет взят за основу стеллажа. Также были выбраны составные части конструкции стеллажа, которые обеспечат требуемую надежность. Также был выбран материал изготовления этих составных частей. Была выбрана цепь, которая будет основой механизма перемещения кареток, которая будет способна выдержать вес кареток. Предварительно выбран электродвигатель, способный перемещать каретки с требуемой скоростью. Также в рамках первой главы был описан метод сборки каретки.

В третьей главе работы были созданы 3D модели составных частей каретки с помощью САПР SolidWorks. В этой же системе из этих составных частей была создана 3D модель самой каретки. В рамках главы также было проведено моделирование нагружения ложементов каретки и создание эпюр напряжения и запаса прочности. Были рассчитаны также режимы сварки деталей для ручной электродной дуговой сварки и сварке в среде защитных газов.

Четвертая глава работы посвящена электробезопасности, так как опасность поражения электрическим током по моему мнению является самым опасным вредным воздействием при работе со стеллажом.

В пятой главе квалификационной работы приведены расчёты стоимости материалов, из которых создается стеллаж, а также других изделий, которые требуются для работы стеллажа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нестеров В. Е. Космический ракетный комплекс «Ангара». История создания./В.Е. Нестеров – М.: Издательство «РЕМАРКО», 2018. – 1007.
2. ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Москва 2019. 45 с.
3. ГОСТ 16523-89 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества. Издательство стандартов, 1998. 14 с.
4. ГОСТ 535-2005 Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Москва, 2008. 11 с.
5. ГОСТ 13568-97 Цепи приводные роликовые и втулочные. Общие технические условия. Издательство стандартов, 2000. 23 с.
6. Расчет режимов ручной дуговой сварки (наплавки). [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://pvrt.ru/regim/regim-61.html> (дата обращения: 04.05.2025)
7. Расчет автоматического выключателя и устройство. [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://wsd.by/articles/raschet-avtomaticheskogo-vyklyuchatelya-i-ustroystvo-zashchitnogo-otklyucheniya-uzo/> (дата обращения: 25.05.2025)