

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
Специальность 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация
ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация – Эксплуатация стартовых и технических комплексов и систем
жизнеобеспечения

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

 В.В. Соловьев
« _____ » _____ 20__ г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: Разработка универсального контейнера для хранения разгонных
блоков.

Исполнитель
студентка группы 9111-ос


(подпись, дата)

М.А. Морев

Руководитель
доцент, канд.техн.наук.


(подпись, дата)

В.В. Соловьев

Консультант по БЖД
доцент, канд. техн. наук


(подпись, дата)

А.В. Козырь

Нормоконтроль
старш. препод. каф. СиТРК


(подпись, дата)

М.А. Аревков

Рецензент

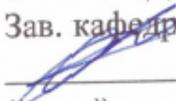

(подпись, дата)

О.А. Баранецкий

Благовещенск 2025

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. Соловьев
«___» _____ 2025г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента *Морева Мирослава Александровича*

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка универсального контейнера для хранения разгонных блоков;

(утверждена приказом от 02.12.2024 г. №3236-уч)

2. Срок сдачи студентом законченного проекта: 07.02.2025 г.;

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: перечень типовых разгонных блоков и типовых транспортных контейнеров;

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих к разработке вопросов): провести обзор разгонных; спроектировать контейнер для транспортирования всех видов разгонных блоков; выполнить исследование прочности; безопасность труда; экономический расчет;

5. Перечень материалов приложения: графическая часть, таблица основных характеристик рым-болтов;

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

7. Дата выдачи задания: 20.01.2025

8. Руководитель выпускного квалификационного проекта: Соловьев В.В., д-р техн. наук.

Задание принял к исполнению (дата): 20.01.2025

РЕФЕРАТ

Настоящая дипломная работа содержит 80 страниц, 63 рисунка, 2 таблицы, 24 источника, 1 приложение.

РЫМ-БОЛТ, КРОНШТЕЙН, РАЗГОННЫЙ БЛОК, КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, ЛОЖЕМЕНТ, РАМА, МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, КОЖУХ

Цель работы – Создание многофункционального контейнера для безопасного хранения разгонных блоков всех типов:

- Фрегат;
- Персей;
- Бриз-М;
- Волга.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести литературный обзор существующих видов контейнеров, предназначенных для транспортировки составных частей КА;
2. Разработать способы крепления разгонных блоков к контейнеру, защиту изделия от неблагоприятных воздействующих факторов окружающей среды (механические и климатические);
3. Провести моделирование спроектированного контейнера;
4. Провести экономический расчёт затрат для производства контейнера;
5. Определить основные меры по технике безопасности при эксплуатации контейнера;
6. Заключение и выводы.

Результаты работы могут быть использованы в производственных реалиях по соответствующему направлению.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОБЗОР РАЗГОННЫХ БЛОКОВ И СРЕДСТВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ.....	9
1.1 Общие сведения о разгонных блоках.....	9
1.2 Обзор отечественных разгонных блоков.....	10
1.3 Условия хранения разгонных блоков	13
1.4 Обзор контейнеров для транспортировки изделий ракетно-космической техники	13
1.5 Обоснование выбора прототипа и формирование требований к разрабатываемому контейнеру	16
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ.....	19
2.1 Общее устройство и принцип функционирования контейнера	19
2.2 Расчёт основных проектных характеристик контейнера	22
2.2.1 Расчёт сил и изгибающих моментов в опорах контейнера.....	22
2.2.2 Подбор материала контейнера и профиля ложементов	24
2.2.3 Подбор рым-болтов	25
2.2.4 Расчёт резьбовых соединений для крепления опор	27
2.2.5 Расчёт посадочного места под короткие разгонные блоки.....	28
2.2.6 Расчёт защёлок для крепления кожуха	28
2.2.7 Расчёт габаритных размеров контейнера для транспортировки железнодорожным транспортом.....	30
2.3 Выбор средств пожарной безопасности	31
2.4 Выбор системы обеспечения температурного режима	33
2.5 Разработка твердотельных моделей контейнера и расчёт массово- центровочных характеристик	35
2.6 Разработка комплекта конструкторской документации	44
3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРА.....	50

3.1 Проверочный расчёт на прочность элементов контейнера методом конечных элементов	50
3.2 Указание техническое на процесс сборки-разборки контейнера	61
4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КОНТЕЙНЕРОМ.....	66
4.1 Основные поражающие факторы.....	66
4.2 Меры безопасности при работе с контейнером и основные нормативные документы	66
5 ОЦЕНКА СТОИМОСТИ РАЗРАБОТАННОГО КОНТЕЙНЕРА	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	81

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСН – аппаратура спутниковой навигации;

АФС – антенно-фидерная система;

ВБР – вероятность безотказной работы;

ГСО – геостационарная орбита;

ДДУ – дополнительная двигательная установка;

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли;

ЖРД – жидкостный ракетный двигатель;

ЗИП – запасные части, инструменты и приспособления;

КА – космический аппарат;

КДУ – корректирующая двигательная установка;

МКЭ – метод конечных элементов;

МДУ – маршевая двигательная установка;

МЦХ – массово-центровочные характеристики;

ПН – полезная нагрузка;

ПОБ – программа обеспечения безопасности;

РБ – разгонный блок;

РКТ – ракетно-космическая техника;

РН – ракета-носитель;

СОТР – система обеспечения теплового режима;

СТР – система терморегулирования;

СЧ – составная часть;

ТНА – турбонасосный агрегат;

УТ – указание техническое;

УТК – управление технического контроля.

ЦМ – центр масс;

ШПО – шкаф пожарный.

ВВЕДЕНИЕ

Космодром "Восточный" занимает стратегическое положение в системе национальной космической инфраструктуры Российской Федерации. Ракеты-носители, которые запускаются именно с этого космодрома, играют решающую роль в выведении на орбиту различных полезных грузов, таких как спутники связи, исследовательские аппараты и многие другие. Центральным элементом системы является разгонный блок, который отличается высокой точностью и надежностью, что позволяет выполнять многоцелевые миссии.

Однако, как показывает практика, после выполненных запусков возникает необходимость временного хранения разгонных блоков на территории космодрома. Согласно существующей документации и требованиям, это хранение должно удовлетворять ряду строгих стандартов, обеспечивающих сохранность и безопасность оборудования.

На текущий момент не предусмотрены специализированные контейнеры для хранения разгонных блоков. Эти контейнеры должны обеспечивать защиту от внешних факторов, таких как атмосферные осадки, механические повреждения и температурные колебания. Кроме того, они должны быть разработаны с учетом требований по эргономике, чтобы облегчить транспортировку и проведение технического обслуживания разгонных блоков на космодроме Восточный.

Для решения этой задачи, необходимо разработать проектирование и создание специализированных контейнеров, которые будут соответствовать всем требованиям хранения ракетно-космической техники. Такие контейнеры должны обладать следующими характеристиками:

- прочность и надежность: Использование высокопрочных материалов, которые могут выдерживать большие нагрузки и обеспечивать долговечность контейнера;

- защита от климатических условий: Контейнеры должны быть герметичными, с возможностью поддержания определённого микроклимата

внутри, что предотвратит коррозию и другие негативные воздействия на разгонные блоки;

– эргономичность и удобство в использовании: Легкость и простота эксплуатации контейнеров позволят оптимизировать процессы хранения и транспортировки;

– безопасность: Все конструкции должны быть разработаны с учетом стандартов безопасности, чтобы минимизировать риски при работе с высокотехнологичным оборудованием.

Процесс разработки и внедрения таких контейнеров должен включать несколько этапов, начиная с аналитического исследования существующих технологий хранения и заканчивая полевыми испытаниями прототипов. Необходимо тщательно оценить все возможные сценарии эксплуатации, чтобы учесть любые потенциальные риски и обеспечить максимальную защиту и сохранность разгонных блоков.

1 ОБЗОР РАЗГОННЫХ БЛОКОВ И СРЕДСТВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

1.1 Общие сведения о разгонных блоках

Вывод космических аппаратов на целевые орбиты представляет собой сложный процесс. Для успешного выполнения этой задачи необходимо не только правильно рассчитать время старта и обеспечить следование необходимой траектории полета РН, но и точно выполнять включения двигателей (обеспечение функции управления тягой) на протяжении всего полёта. Это нужно для того, чтобы спутник оказался на орбите с необходимыми характеристиками (высота орбиты, радиусы апогея и перигея, эксцентриситет и др.).

Ограничения, накладываемые на РН в связи с особенностями эксплуатации ЖРД в атмосфере, позволяют осуществить вывод ПН на круговые и околокруговые орбиты высотой порядка 200 – 300 км. В случаях, когда одновременно запускается несколько космических аппаратов и их необходимо развести по орбитам, или же высота целевой орбиты превышает указанный диапазон высот (не говоря уже о межпланетных перелётах), требуется использование РБ. Упрощённо говоря, это специальное устройство, предназначенное для точного выведения ПН на целевую орбиту.

Процесс выведения КА на целевую орбиту включает использование ДУ РБ для изменения вектора скорости, что позволяет управлять высотой, геометрией (окружность, эллипс, парабола, гипербола) и наклоном орбиты относительно экваторной плоскости Земли (наклоном). Для выполнения подобных манёвров РБ должен быть оснащён КДУ и при необходимости – ДДУ. Вывод аппаратов часто осуществляется с несколькими включениями маршевого двигателя, между которыми могут быть длительные участки пассивного полета по переходным траекториям [1].

В современности для вывода КА на высокие орбиты в России используются универсальные РБ, разработанные предприятиями Госкорпорации «Роскосмос». К ним относятся семейство «Фрегат» (разработчик — Научно-производственное объединение имени С.А. Лавочкина), семейство Д и «Персей» (Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева), «Бриз-М» (Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева) и «Волга» (Ракетно-космический центр «Прогресс») [2].

Для разработки контейнера, предназначенного для транспортировки РБ на территории космодрома, необходимо провести теоретический обзор существующих РБ, сравнить их основные характеристики (габаритные размеры, масса, компоненты топлива), чему посвящён следующий параграф.

1.2 Обзор отечественных разгонных блоков

На рисунке 1 представлен общий вид РБ «Фрегат».

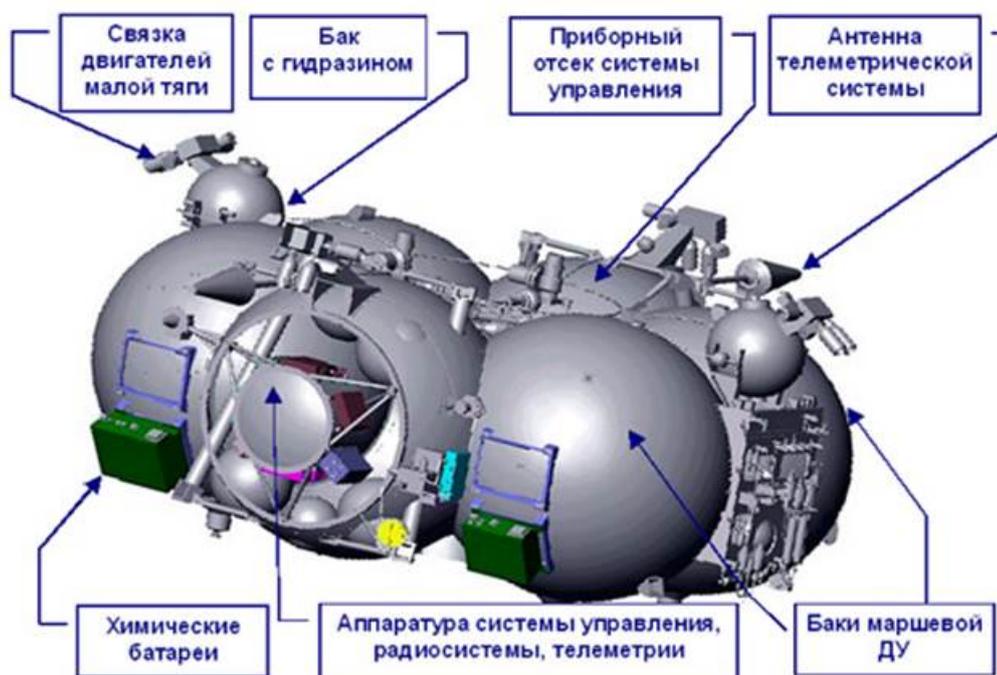


Рисунок 1 – Общий вид РБ «Фрегат»

На рисунке 2 представлен общий вид РБ «Персей».

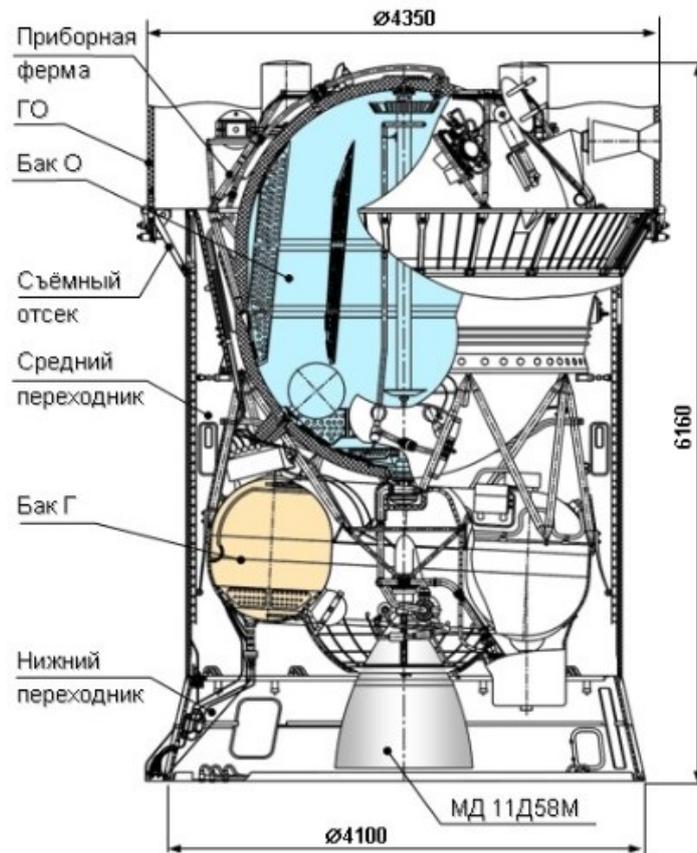


Рисунок 2 – Общий вид РБ «Персей»

На рисунке 3 представлен общий вид РБ «Бриз-М».

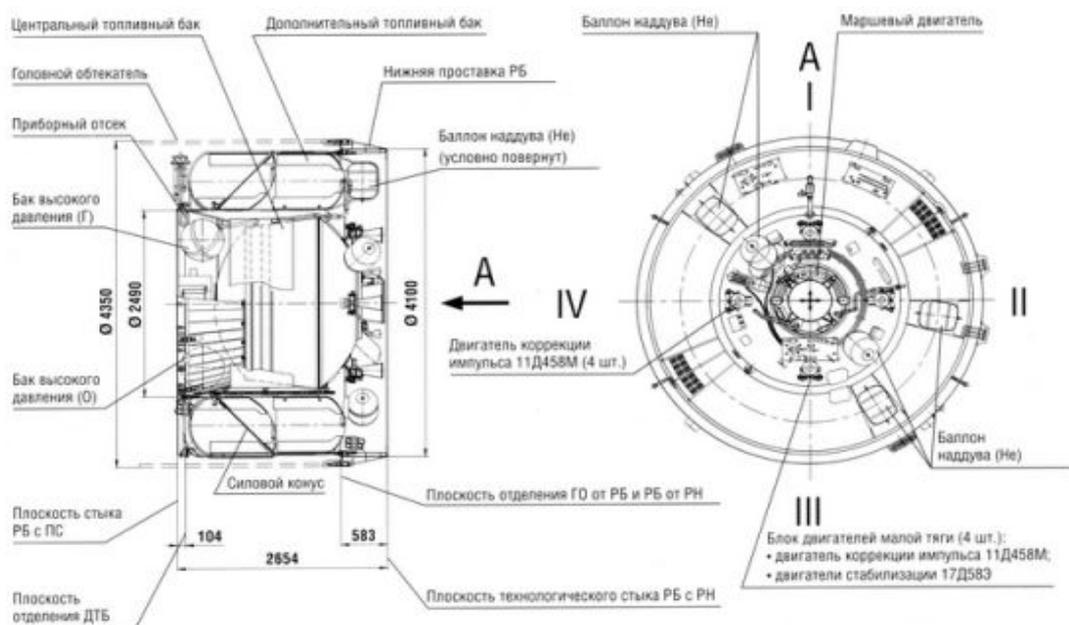


Рисунок 3 – Общий вид РБ «Бриз-М»

На рисунке 4 представлен общий вид РБ «Волга».

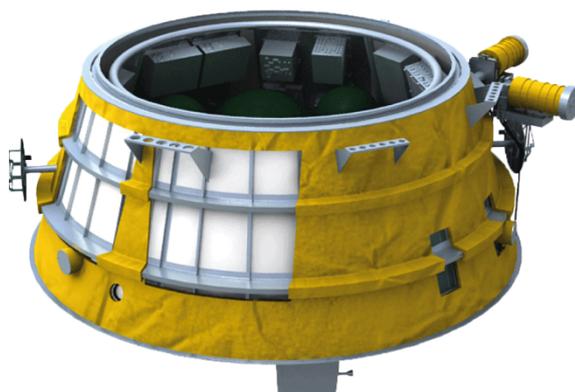


Рисунок 4 – Общий вид РБ «Волга»

В таблице 1 представлен краткий обзор массовых и габаритных характеристик рассмотренных РБ.

Таблица 1 – Массовые и габаритные характеристики РБ

Название	Масса	Габариты	РКН
Фрегат	Масса с топливом 6235 кг Масса без топлива 945 кг	Высота 1.875 м Диаметр 3.44 м	Союз-ФГ Союз-2 Союз-2-3 Зенит-3SLБФ Ангара-А3
Персей	Масса с топливом 19000 кг Масса без топлива 3240 кг	Высота 6.16 м Диаметр 4.35 м	С РН семейства «Ангара»
Волга	Масса с топливом 1656 кг Масса без топлива 752 кг	Высота 1.025 м Диаметр 2.72 м	Семейства «Союз-2»
Бриз-М	Масса с топливом 22500 кг Масса без топлива 2500 кг	Высота 4.35 м Диаметр 2.654 м	Протон-М Ангара

1.3 Условия хранения разгонных блоков

Аппаратура технических средств должна гарантировать свою работоспособность даже после продолжительного хранения при строго установленных условиях. Эти условия включают:

- температурные условия: диапазон температур, в котором должна сохраняться работоспособность, колеблется от +5 °С до +35 °С. Это значение имеет решающее значение, поскольку как слишком низкие, так и слишком высокие температуры могут негативно сказаться на характеристиках компонентов оборудования;

- условия по атмосферному давлению: оборудование должно функционировать корректно при атмосферном давлении в диапазоне от 840 до 1067 гПа (от 630 до 800 мм рт. ст.);

- условия по относительной влажности воздуха: значение относительной влажности должно быть в пределах от 30 % до 95 %. Высокая влажность может привести к конденсации влаги внутри электроники, что, в свою очередь, может вызвать коррозию и короткие замыкания, в то время как низкая влажность может способствовать накоплению статического электричества;

Кроме того, в контейнерах, где хранятся приборы, необходимо исключить наличие кислот, щелочей и других химикатов, способных вызвать коррозию. Это требование объясняется тем, что многие химические вещества могут ускорить процесс старения материалов и привести к преждевременному выходу оборудования из строя. Особенно важно следить за тем, чтобы хранилище было чистым и сухим, чтобы обеспечить максимальную защиту технических средств.

1.4 Обзор контейнеров для транспортировки изделий ракетно-космической техники

В общем случае транспортировочные контейнеры для изделий РКТ включают в свой состав следующие элементы:

- основание;

- крышка;
- опора;
- ложемент;
- система контроля и регистрации условий транспортирования по космодрому;
- СОТР;
- комплект ЗИП одиночный.

В рамках данной работы будут рассмотрены следующие контейнеры: 762.6420-0, 154.9330-000, 154.9447-000, подробные характеристики которых можно найти в соответствующей технической документации.

На рисунке 5 представлен общий вид контейнера 762.6420-0.



Рисунок 5 – Общий вид контейнера 762.6420-0

На рисунке 6 представлен общий вид контейнера 154.9330-000.



Рисунок 6 – Общий вид контейнера 154.9330-000

На рисунке 7 представлен общий вид контейнера 154.9447-000



Рисунок 7 – Общий вид контейнера 154.9447-000

1.5 Обоснование выбора прототипа и формирование требований к разрабатываемому контейнеру

При выборе контейнера для хранения РБ, необходимо учитывать ряд ключевых факторов, которые влияют на эффективность и безопасность хранения. Основные параметры, на которые стоит обратить внимание, включают габариты, массу, условия хранения и надежность.

1) Выбор габаритов контейнера

Габариты контейнера играют критическую роль, так как они определяют, насколько удобно будет размещать и транспортировать РБ. Важно подобрать контейнер, который обеспечивает надёжное размещение блоков. Из рассмотренных нами контейнеров подходит 2 контейнера по самому габаритному РБ “Персей”. Его высота 6.16 м, диаметр 4.35 м. Под эти параметры подходит 1 контейнер 374КТ07.01 высотой 7 м и диаметром 5.2 м.

2) Выбор массы контейнера

Масса контейнера непосредственно влияет на общую грузоподъемность системы. Легкие контейнеры могут снизить общую массу транспортного средства, что является весомым преимуществом. Однако важно также учитывать прочность материалов, из которых изготовлен контейнер. Слишком легкий контейнер может не обеспечивать необходимую защиту разгонных блоков. В этом случае, необходимо искать баланс между легкостью и прочностью. Самый тяжелый РБ также является “Персей” в заправленном состоянии 19000 кг, без топлива 3240 кг. Мы рассматриваем вариант РБ в не заправленном варианте. Под такой критерий подходит 2 контейнера: 154.9447-000 и 374КТ07.01, выдерживающие массу свыше от до 5000 кг

3) Требования к условиям хранения

Условия хранения являются важным аспектом, который должен быть учтен при выборе контейнера. Это включает в себя температурные режимы, уровень влажности, а также защиту от механических повреждений и воздействия внешних факторов. Контейнер должен быть способен обеспечить

совместимость с условиями, необходимыми для безопасного хранения РБ. Для этого может потребоваться использование специализированных материалов, которые защищают от коррозии и обеспечивают термостатическое регулирование. Условия хранения для всех РБ одинаковы, и все контейнеры нами рассмотренные удовлетворяют нашим условиям.

4) Требования надёжности

Надёжность контейнера является, пожалуй, одним из самых критичных факторов. Контейнер должен не только защищать РБ от внешних воздействий, но и выполнять функции безопасности при транспортировке по космодрому Восточный и хранении на нем. Показатели надёжности для всех РБ одинаковы, и все контейнеры нами рассмотренные удовлетворяют нашим условиям.

5) Требования к защите от вибрационных и ударных нагрузок

Система защиты РБ от воздействия вибрационных и ударных нагрузок предназначена для снижения и регистрации значений вибрационных и ударных нагрузок, воздействующих на РБ во время его транспортировки и хранения.

Все рассмотренные контейнеры имеют в своём составе данную систему, которая удовлетворяет требованиям по защите от вибрационных и ударных нагрузок.

Исходя из вышеописанных параметров, выбор контейнера для хранения разгонных блоков у нас идет к 374КТ07.01, так как он удовлетворяет всем требованиям. В дальнейшем разработка модернизированного контейнера будет осуществляться на основе конструктивных решений, принятых при проектировании упомянутого контейнера.

Общий вид контейнера 374КТ07.01 представлен на рисунке 8.

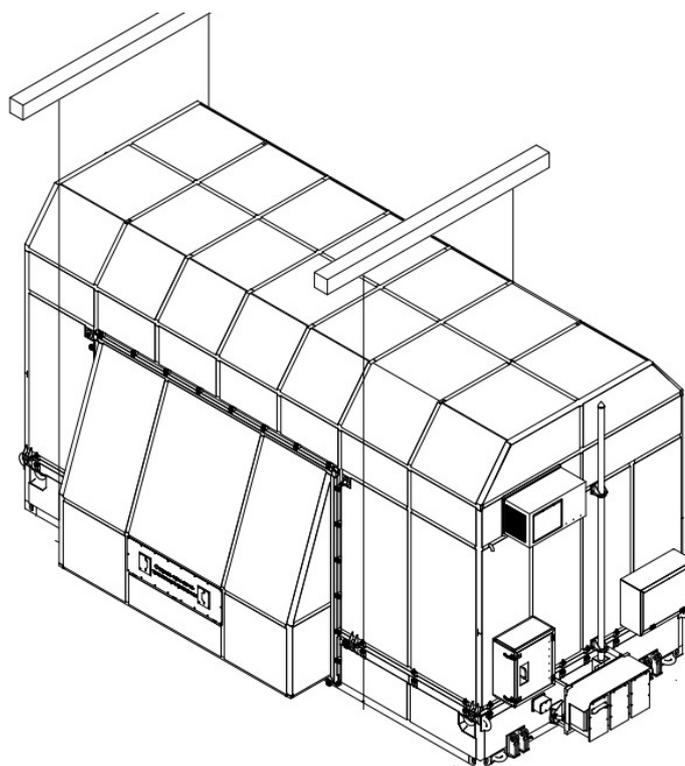


Рисунок 8 – Общий вид контейнера-прототипа 374КТ11.0101

Таким образом, в рамках первой главы выпускной квалификационной работы, представляющей собой теоретическую часть, был проведён литературный обзор существующих видов контейнеров, предназначенных для транспортировки РБ. Были рассмотрены такие РБ, как «Фрегат», «Бриз-М», «Персей», «Волга», сведены в таблицу их основные массовые и габаритные характеристики, что представляет собой исходные данные для дальнейшего проектирования контейнера. Описаны условия хранения РБ. Также был проведён обзор основных типов контейнеров, эксплуатирующихся в современной ракетно-космической практике, на основании чего был выбран прототип контейнера 374КТ07.01 и обоснована его масса, требования к условиям хранения, требования надёжности, требования к защите вибрационных и ударных нагрузок.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ

2.1 Общее устройство и принцип функционирования контейнера

Контейнер состоит из основания, крышки, кожухов, системы обеспечения температурного режима, системы контроля и регистрации условий транспортирования, стеллажа, ложементов, опоры и осушителей.

Контейнер оборудован:

- кондиционерами для обеспечения температурного режима внутри контейнера для хранения изделия;
- прижимами с болтами для фиксации кожухов в рабочем положении;
- шкафом для огнетушителей с двумя огнетушителями. Шкаф крепится к крышке контейнера болтами с шайбами;
- ящиком ЗИП. Ящик закреплен на крышке контейнера болтами с шайбами;
- двумя направляющими и четырьмя кронштейнами для предохранения от горизонтального перемещения при установке (снятии) крышки на основание.

Общий вид контейнера представлен на рисунке 9.

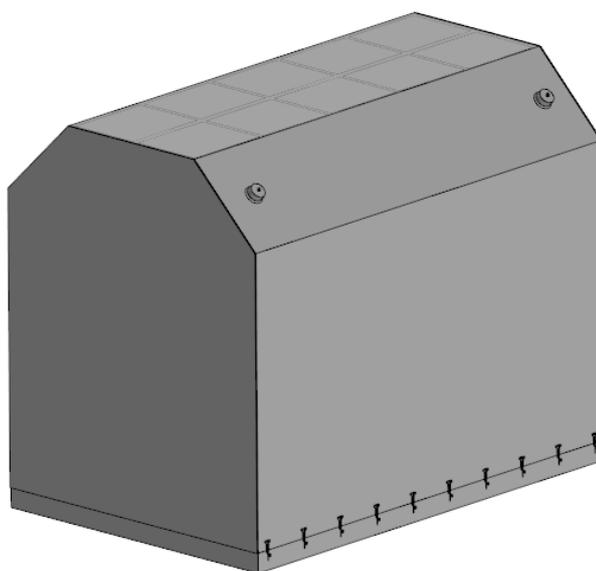


Рисунок 9 – Разрабатываемый контейнер

Направляющие установлены в кронштейнах основания и закреплены болтами с шайбами и гайками. Опоры и крышки соединены с осями с шайбами и шплинтами. Для открытия крышки необходимо свинтить гайки с шайбами, с кронштейна и потянуть за ручку. Крышка крепится к основанию стяжками с пружинами и гайками с шайбами. Стяжки закреплены в кронштейнах. Для закрепления крышки, необходимо стяжки завести в пазы кронштейнов и завинтить гайки с шайбами до упора.

Кожух состоит из рамы, обшитой снаружи металлическими листами. Внутренняя часть кожуха покрыта теплоизоляцией. Для установки на основание на кожухе имеются две оси. На кожухе имеются ловители, предназначенные для ориентации кожуха при установке его на крышку. Внутри ловителей имеются установочные отверстия для переходников, позволяющие проводить такелажные работы с кожухом. Для выравнивания давления внутри контейнера при авиатранспортировании, на кожухе имеется крышка с ручками. С внутренней стороны крышки установлена панель, вкладыши и уплотнители. Для снятия крышки, необходимо выкрутить винты и за ручки снять крышку. Кожухи устанавливаются на основании и соединяются с крышкой так, чтобы штыри попали в отверстия ловителей и фиксируются прижимами при помощи болтов.

Стеллаж состоит из основания, двух кассет нижних, кассеты переходной, четырех кассет верхних и каркаса верхнего. На основании приварены пластики для установки стеллажа на основание 374КТ11.0101 контейнера. Кассета переходная и кассета верхняя соединены между собой болтами с шайбами. Остальные кассеты, основание и каркас верхний соединены между собой болтами с шайбами и гайками. Для такелажного переноса стеллажа, на каркасе верхнем предусмотрены рым-болты. Для укладки СЧ изделия и закрепления, на стеллаже имеются кронштейны с накладками. Стеллаж устанавливается на основании и фиксируется винтами с шайбами.

Осушители предназначены для снижения влажности воздуха внутри контейнера при транспортировании изделия. Осушитель состоит из корпуса с боковинами, и крышкой. Крышка установлена на петле и фиксируется в закрытом положении замком. Осушитель устанавливается на основании контейнера на платиках и фиксируется в бобышках винтами с шайбами. Для открытия крышки необходимо отвинтить гайку с шайбой и отвести винт на кронштейне. Внутри осушителя насыпан силикагель. Ложемент устанавливается на основании и фиксируется винтами с шайбами. Опора устанавливается на основании и фиксируется винтами с шайбами. На основании установлен заводской знак, на котором указан индекс контейнера, его заводской номер и индекс предприятия-изготовителя.

Система амортизации обеспечивает защиту РБ от вибрационных и ударных нагрузок, действующих на РБ по трем взаимно-перпендикулярным направлениям (осям):

- боковая перегрузка n_x ;
- боковая перегрузка n_z ;
- вертикальная перегрузка n_y .

Система амортизации выполнена в виде рамы, закрепленной внутри корпуса основания на восьми амортизаторах. На раме крепится РБ посредством опоры, на которой предварительно закрепляют РБ. Для точного размещения РБ на опоре предусмотрены два штифта-ловителя. Крепление РБ к опоре осуществляется в шести точках крепежными деталями. Точное положение опоры на раме определяется двумя штифтами-ловителями, крепление опоры к раме осуществляется в восьми точках крепежными деталями.

Для уменьшения возможных ударных нагрузок, вызванных касанием рамы о корпус основания контейнера (при больших амплитудах колебаний РБ в процессе транспортирования), а также для ограничения вертикальных перемещений рамы, по углам корпуса основания закреплены ограничители. В

местах возможного контакта рамы с ограничителями на поверхностях ограничителей наклеены резиновые пластины.

На рисунке 10 представлена схема устройства амортизатора.

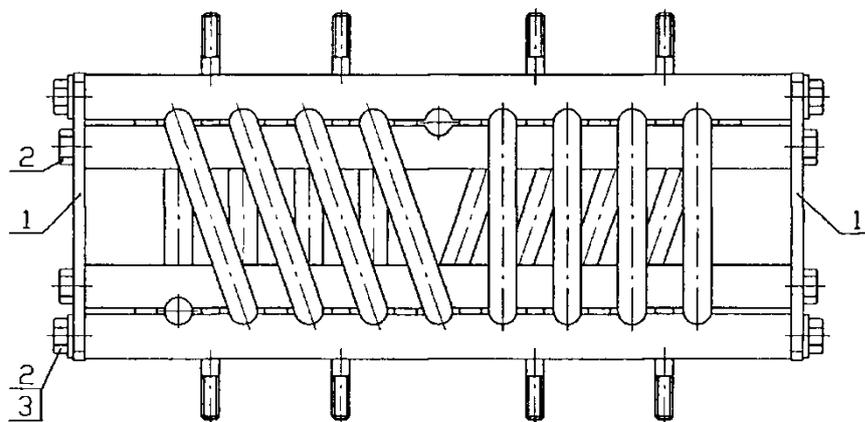


Рисунок 10 – Амортизатор разрабатываемого контейнера.

Обозначения: 1 – планка КТ-КА.9643-153, 2 – болт М6-6х12.66.019 ОСТ 92-0718-72, 3 – шайба С.6.04.019 ГОСТ 11371-78

При погрузке изделия в контейнер открепляют и снимают кожухи с основания и крышки, открепляют и снимают крышку с основания, переводят опору в рабочее положение и закрепляют, устанавливают и закрепляют изделие на опоре, открепляют и снимают стеллаж с основания, устанавливают и закрепляют секции ТЗП на стеллаже, затем устанавливают и закрепляют стеллаж на основании, устанавливают и закрепляют верхнее кольцо изделия на ложементе, открывают крышки осушителей, устанавливают крышку на основание и закрепляют, устанавливают и закрепляют кожухи на основании и крышке.

2.2 Расчёт основных проектных характеристик контейнера

2.2.1 Расчёт сил и изгибающих моментов в опорах контейнера

В рамках проектировочного расчёта контейнер можно представить в виде балки, опирающейся на шарнирно-неподвижную (слева) и шарнирно-подвижную (справа) опоры. Контейнер нагружен силами от вертикальной и двух боковых перегрузок. Вычислим расчётные значения нагрузок [9].

Значения перегрузок принимаем равными:

$$n_x = 2,5; n_y = 1,5; n_z = 1,5.$$

Расчёт ведём для самого крупногабаритного РБ, т.е. РБ «Персей»:

$$m_{РБ} = 3240 \text{ кг}.$$

$$F_x = n_x mg = 2,5 \cdot 3240 \cdot 9,81 = 79461 \text{ Н}; \quad (1)$$

$$F_y = n_y mg = 1,5 \cdot 3240 \cdot 9,81 = 47677 \text{ Н}; \quad (2)$$

$$F_z = n_z mg = 1,5 \cdot 3240 \cdot 9,81 = 47677 \text{ Н}. \quad (3)$$

Составим уравнения статики:

$$\sum F_x = 0; -F_x + R_{x2} = 0; \quad (4)$$

$$\sum F_y = 0; -F_y + R_{y1} + R_{y2} = 0; \quad (5)$$

$$\sum F_z = 0; -F_z + R_{z2} = 0. \quad (6)$$

Запишем выражения для неизвестных реакций, учитывая равенство расстояний от реакций до линии действия нагрузки:

$$R_{y1} = R_{y2} = \frac{F_y}{2} = \frac{47677}{2} = 23838 \text{ Н}; \quad (7)$$

$$R_{x2} = F_x = 79461 \text{ Н};$$

$$R_{z2} = F_z = 47677 \text{ Н}.$$

Расстояние между опорами в первом приближении примем равным длине РБ, излишек пойдёт учёт в запас прочности:

$$L = 6280 \text{ мм.}$$

Тогда максимальный изгибающий момент:

$$M_{\max} = \frac{R_{y1}L}{2} = \frac{23838 \cdot 6280}{2} = 7,485 \cdot 10^7 \text{ Н.} \quad (8)$$

2.2.2 Подбор материала контейнера и профиля ложементта

Опоры представляют собой полусферические элементы, на которые опирается РБ и крепится к ним с помощью рым-болтов. Подвижность шарнирно-подвижной опоры обеспечивается возможностью рым-болтов перемещаться вдоль паза и наличием пружинных амортизаторов.

Распределённую на опору нагрузку можно заменить эквивалентной равнодействующей радиальной силой, приложенной к нижней точке опоры.

В качестве материала в первом приближении выбираем сталь 40, имеющей допустимое напряжение на изгиб $[\sigma] = 260 \text{ МПа}$.

Подберём сечение в виде двутавра (рисунок 11). Примем двутавр №22 в соответствии с ГОСТ 8239-89, который имеет следующие характеристики [11]:

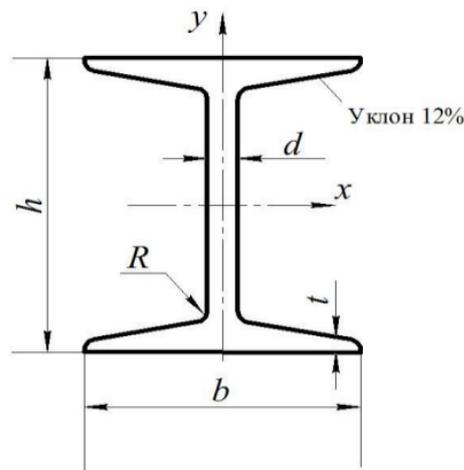


Рисунок 11 – Профиль ложементта

Проверка по условию прочности:

$$\sigma_{max} = \frac{|M(\pi)|}{2 \cdot W_x} + \frac{|N(\pi)|}{2 \cdot A} = \frac{1,167 \cdot 10^7}{2 \cdot 232000} + \frac{5691}{2 \cdot 3060} = 26,08 \text{ МПа.} \quad (9)$$

Определим запас прочности для ложемента:

$$\eta = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = \frac{260}{26,08} = 9,97. \quad (10)$$

Получено высокое значение запаса прочности, что также обеспечит высокую надёжность конструкции в соответствии с моделью «надёжность как вероятностная прочность»: вероятность безотказной работы стремится к 1, так как запас прочности превышает $\eta \gg 3$ [12].

2.2.3 Подбор рым-болтов

Один из вариантов транспортирования контейнера с помощью рельсового крана представлен на рисунке 12. Видно, что контейнер удерживается четырьмя канатами, каждый из которых крепится к рым-болту.

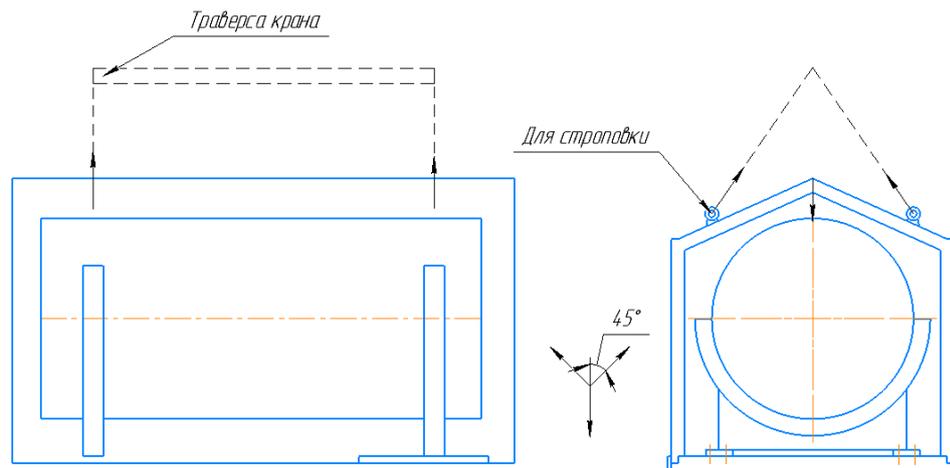


Рисунок 12 – Схема сил при транспортировании контейнера

Уравнение статики для одной плоскости строповки:

$$\frac{F_y}{2} + 2F \cos \frac{\pi}{4} = 0. \quad (13)$$

В соответствии с уравнением равновесия и равенством векторов, на каждый рым-болт действует сила

$$F = \frac{F_y}{2\sqrt{2}} = \frac{47677}{2\sqrt{2}} = 16856 \text{ Н} = 1685,6 \text{ кгс}. \quad (14)$$

Подберём рым-болт по техническим условиям (ГОСТ 4751-73 [13], рисунок 13). Выбираем рым-болт диаметра М72х6, грузоподъёмность которого при направлении строп под углом 45 градусов от вертикальной оси рым-болта составляет $[F] = 3500 \text{ кгс}$.

Характеристики рым-болтов представлены в приложении.

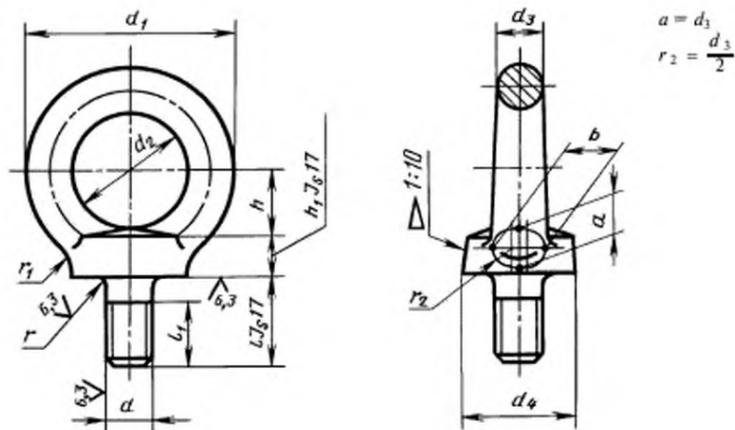


Рисунок 13 – Рым-болт

Рассчитаем запас прочности рым-болта:

$$\eta = \frac{[F]}{F} = \frac{3500}{1685,6} = 2,076. \quad (15)$$

Получено высокое значение запаса прочности выбранных рым-болтов.

Высоту бобышек на кожухе для крепления рым-болтов принимаем равной 120 мм в соответствии с ГОСТ 4751-73.

2.2.4 Расчёт резьбовых соединений для крепления опор

Крепление опор к основанию контейнера осуществляется посредством резьбовых (болтовых) соединений (рисунок 14). Болты в данном случае воспринимают перерезывающую силу от боковых перегрузок, а именно [9]:

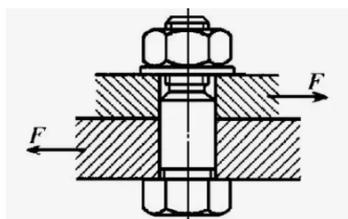


Рисунок 14 – Схема болтового соединения крепления опоры к основанию

Касательное напряжение среза для Ст40 равно:

$$[\tau] = 0,6[\sigma_s] = 0,6 \cdot 580 = 348 \text{ МПа}, \quad (16)$$

где $[\sigma_s] = 580 \text{ МПа}$ – предел прочности при растяжении для Ст40.

Пренебрегая пространственным расположением болтов (что будет учтено в запасе прочности) и принимая число болтов, равное $N = 8$, рассчитаем минимальный диаметр болта:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4F_{\phi}}{\pi z N [\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 79461}{\pi \cdot 1 \cdot 8 \cdot 348}} = 6,03 \text{ мм}. \quad (17)$$

где $z = 1$ – число плоскостей среза (см. рисунок 14).

В обеспечение запаса прочности выбираем болты М12.

2.2.5 Расчёт посадочного места под короткие разгонные блоки

Условно под короткими РБ следует понимать такие РБ, транспортировка которых в горизонтальном положении нецелесообразна. Такими выступают РБ «Волга», РБ «Фрегат», РБ «Бриз-М», которые крепятся к основанию контейнера на резьбовых соединениях.

Самым тяжёлым из рассматриваемых коротких РБ выступает РБ «Бриз-М», имеющий массу $m_{РБ} = 2500 \text{ кг}$. Расчёт ведётся с теми же приближениями, принятыми в пункте 2.2.4.

Найдём значения максимальной перерезывающей силы, действующей на болты [9]:

$$F_x = n_x mg = 2,5 \cdot 2500 \cdot 9,81 = 61312 \text{ Н}. \quad (18)$$

Рассчитаем минимальный диаметр болта, приняв число болтов, равное $N = 8$:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4F_{\sigma}}{\pi z N [\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 61312}{\pi \cdot 1 \cdot 8 \cdot 348}} = 5,3 \text{ мм}. \quad (19)$$

В обеспечение запаса прочности выбираем болты М12.

2.2.6 Расчёт защёлок для крепления кожуха

Для крепления кожуха контейнера к основанию разработаны защёлки, имеющие конструкцию, представленную на рисунке 15.

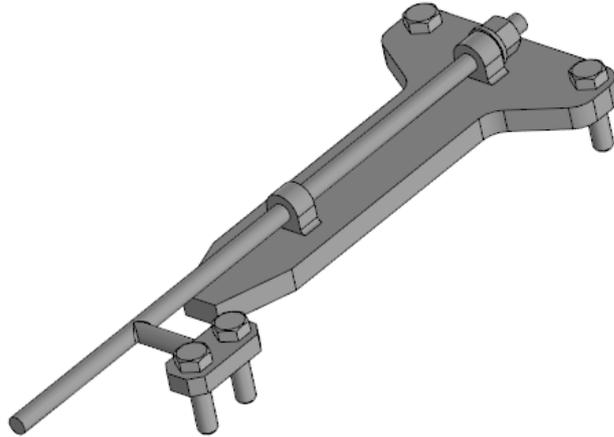


Рисунок 15 – Конструкция защёлки

Расчётным случаем для защёлки выступает транспортировка контейнера на стропах, когда на защёлки действует осевая нагрузка от силы тяжести разгонного блока и силы тяжести контейнера (без учёта массы кожуха) [9].

Осевая сила, действующая на защёлки, рассчитывается по формуле:

$$F = fm_{\text{сум}}g, \quad (20)$$

где $f = 5$ – коэффициент безопасности;

$m_{\text{сум}}$ – суммарная масса РБ, опор с ложементами, основания и прочих элементов конструкции контейнера.

Рассчитаем суммарную массу в первом приближении:

$$m_{\text{сум}} = m_{\text{РБ}} + m_{\text{конт}} = 3240 + 12000 = 15240 \text{ кг}, \quad (21)$$

где $m_{\text{конт}} = 12000 \text{ кг}$ – принятая масса контейнера исходя из массы изделий-аналогов и конструкторских соображений.

$$F = 5 \cdot 15240 \cdot 9,81 = 747520 \text{ Н}.$$

Примем число защёлок, равное $N_3 = 20$, и рассчитаем минимальный диаметр оси защёлки:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4F_{\sigma}}{\pi z N_3 [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 747520}{\pi \cdot 1 \cdot 20 \cdot 580}} = 9,06 \text{ мм}, \quad (22)$$

где $[\sigma] = 580 \text{ МПа}$ – допускаемое напряжение на разрыв для стали 40.

В обеспечение запаса прочности принимаем диаметр оси защёлки, равный 20 мм.

Каждая защёлка крепится к основанию контейнера на трёх болтах. Рассчитаем минимальный диаметр болтов, исходя из нагружения на срез, приняв общее число болтов за $N_{\sigma} = 60$:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4F_{\sigma}}{\pi z N_{\sigma} [\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 747520}{\pi \cdot 1 \cdot 60 \cdot 348}} = 6,75 \text{ мм}. \quad (23)$$

В обеспечение запаса прочности принимаем решение использовать болты М12.

2.2.7 Расчёт габаритных размеров контейнера для транспортировки железнодорожным транспортом

Принимаем размер основания контейнера для крепления к платформе, равным 2830 мм. Остальные габаритные размеры контейнера представлены на рисунке 16.

Размеры платформы представлены на рисунке 17.

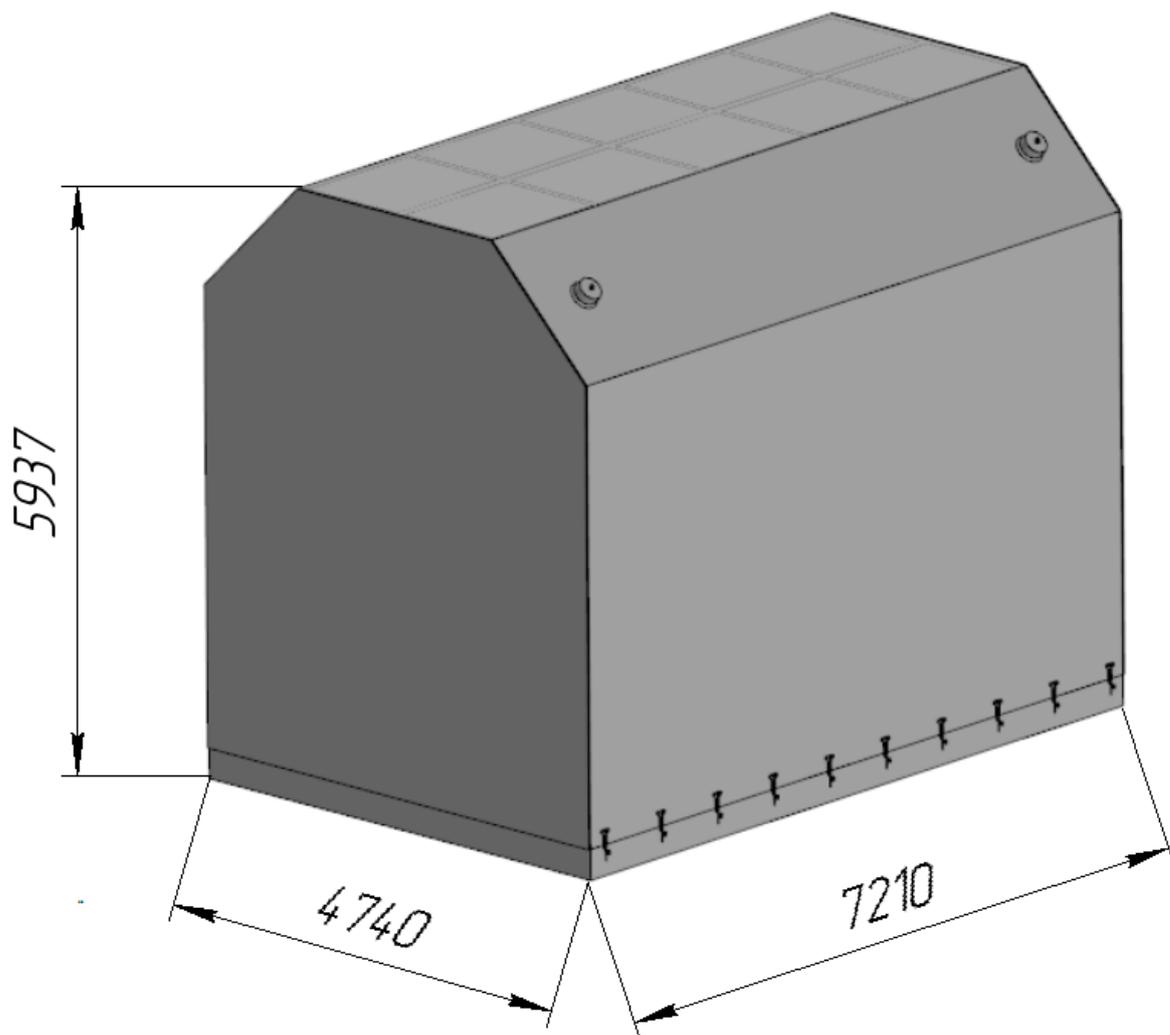


Рисунок 16 – Габаритные размеры контейнера

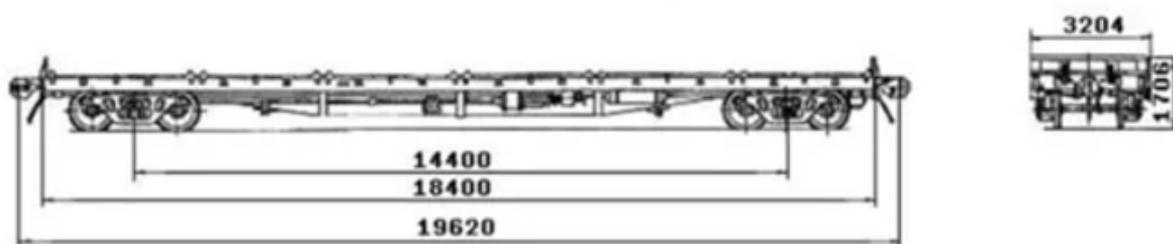


Рисунок 17 – Выбранная железнодорожная платформа

2.3 Выбор средств пожарной безопасности

Для обеспечения пожарной безопасности контейнера и транспортируемых изделий принимается решение использовать шкаф ШПО-112 (рисунок 18) [15].



Рисунок 18 – Шкаф ШПО-112

Шкаф пожарный ШПО-112 НО изготовлен из шлифованной нержавеющей стали марки AISI 304 толщиной 0,7 мм. Дверца пожарного шкафа открывается на 160 градусов. Имеет запорное устройство в виде пластиковой защелки. Чертеж ШПО-112 представлен на рисунке 19 [15].

Крепление шкафа осуществляется при помощи кронштейнов, технологический процесс на изготовление которых представлен в пункте 3.2.

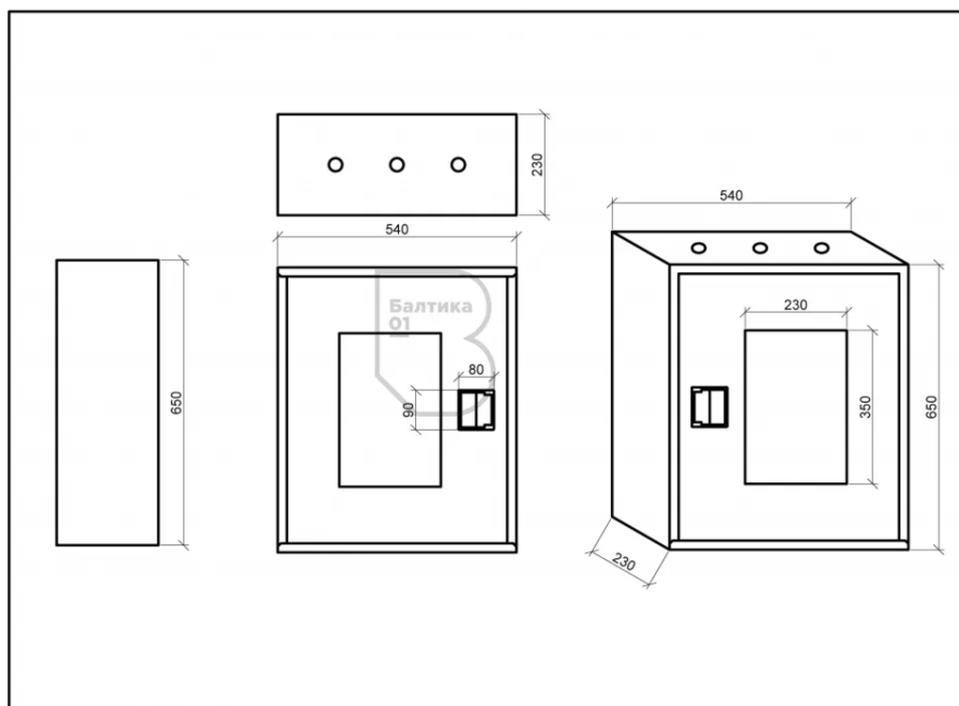


Рисунок 19 – Чертеж шкафа ШПО-112

Основные характеристики ШПО-112 представлены рисунке 20.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШКАФА ШПО-112 ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ	
Производство:	Балтика-01
Исполнение дверцы:	Открытый
Вид установки:	навесной
Габаритные размеры, мм	650x540x230
Тип запорного устройства	евроручка
Смотровое окно на дверцах шкафа	одно - 230x350мм
Открывание дверцы (правое/левое)	универсальное
Масса, кг	7,8±1,0

Рисунок 20 – Основные характеристики ШПО-112 [15]

2.4 Выбор системы обеспечения температурного режима

Контейнер должен сохранять свои технические характеристики в любое время года и суток при следующих климатических воздействиях:

- температура окружающего воздуха от минус 40 °С до плюс 40 °С;
- относительная влажность до 98 % при температуре плюс 20 °С;
- атмосферное давление от 700 до 780 мм рт. ст.;
- атмосферное давление при авиационном транспортировании от 140 до 780 мм рт. ст., при этом скорость изменения давления - 10 мм рт. ст./с при подъеме самолета и 5 мм рт. ст./с при опускании;
- снег, туман, дождь, пыль, град, обледенение, прямые солнечные лучи.

Выбираем систему, имеющую внешний вид в соответствии с рисунком

26. Исполнительные размеры кондиционера представлены в приложении.

Характеристики выбранной СОТР представлены на рисунке 21.

Изображение фрагмента СОТР (кондиционера) представлено на рисунке 22.

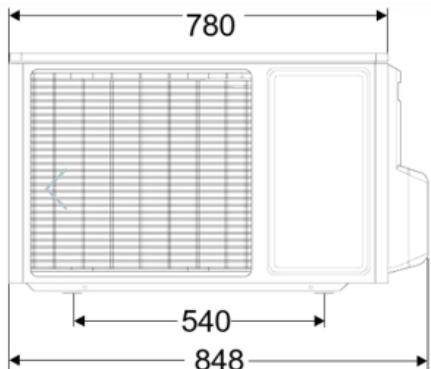
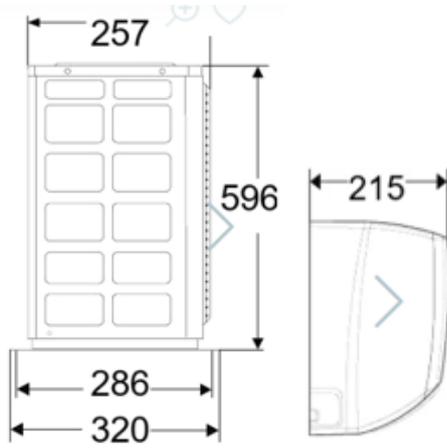
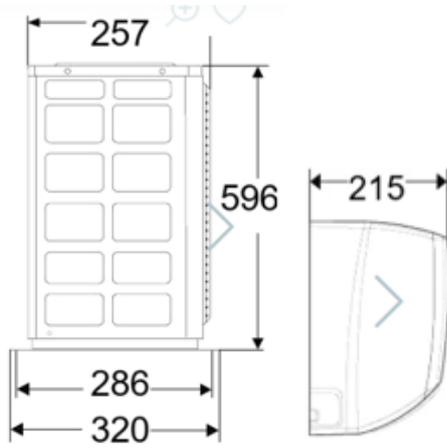
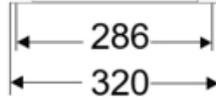
Электрическое питание, В: - от щита питания и управления 373РТ68.0204.0136.81 или вагона сопровождения, В	380	
Диапазон измерения температуры, °С	от -40 до + 40	
Предел допускаемой погрешности измерения температуры, °С, не более	2	
Диапазон измерения относительной влажности в рабочем диапазоне температуры, %	от 10 до 98	
Предел допускаемой относительной погрешности измерения относительной влажности в рабочем диапазоне температуры, %, не более	5	
Холодопроизводительность кондиционера, Вт, не менее	4300	
Теплопроизводительность кондиционера, Вт, не менее	2400	

Рисунок 21 – Характеристики СОТР

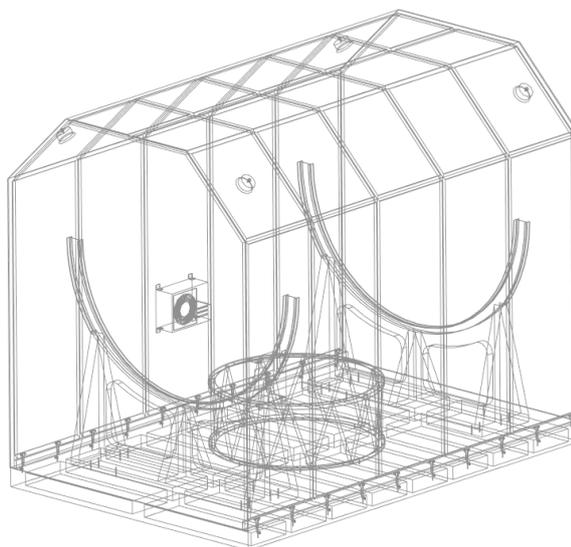


Рисунок 22 – Кондиционер СОТР

2.5 Разработка твердотельных моделей контейнера и расчёт массово-центровочных характеристик

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы разработан проектный облик контейнера с применением ПО Компас-3D. Также рассчитаны его МЦХ [16].

Твердотельная модель контейнера представлена на рисунке 23.



Масса	$M = 6639 \text{ кг}$
Площадь	$S = 479 \text{ м}^2$
Объем	$V = 11 \text{ м}^3$
Центр масс	$X_c = -4 \text{ м}$
	$Y_c = 0 \text{ м}$
	$Z_c = -1 \text{ м}$

Моменты инерции

В абсолютной системе координат:

Осевые моменты инерции	$J_x = 54316 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_y = 163361 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_z = 141974 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = -110 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_{xz} = 34652 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_{yz} = -134 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

В центральной системе координат:

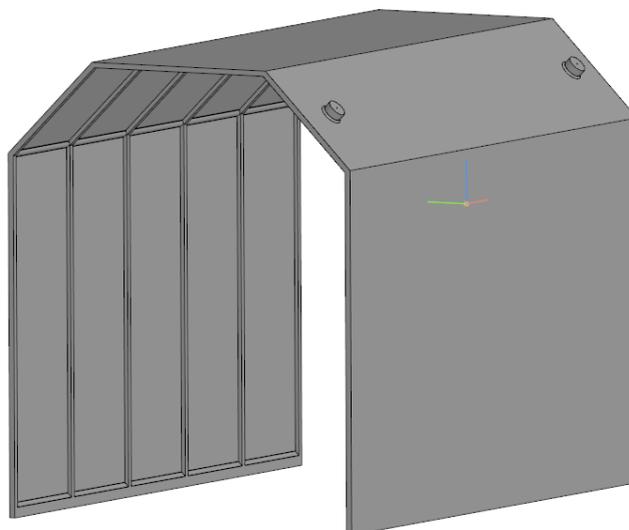
Осевые моменты инерции	$J_x = 39642 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_y = 64949 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_z = 58234 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = 136 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_{xz} = -400 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_{yz} = -30 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

В главной центральной системе координат:

$J_1 = 64950 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
$J_2 = 58242 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
$J_3 = 39633 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Рисунок 23 – Твердотельная модель контейнера и его МЦХ

Твердотельная модель кожуха бокового представлена на рисунке 24.



Заданные параметры

Масса	$M = 2200 \text{ кг}$
Материал тел	Сталь 40 ГОСТ 1050-2013
Плотность материала тел	$\rho_0 = 7850 \text{ кг/м}^3$

Расчетные параметры (тела и компоненты)

Площадь	$S = 221 \text{ м}^2$
Объем	$V = 3 \text{ м}^3$
Центр масс	$X_c = -4 \text{ м}$
	$Y_c = 0 \text{ м}$
	$Z_c = 0 \text{ м}$

Моменты инерции при заданной массе

В абсолютной системе координат:

Осевые моменты инерции	$J_x = 17158 \text{ кг*м}^2$
	$J_y = 46096 \text{ кг*м}^2$
	$J_z = 47414 \text{ кг*м}^2$
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = -0 \text{ кг*м}^2$
	$J_{xz} = -337 \text{ кг*м}^2$
	$J_{yz} = 0 \text{ кг*м}^2$

В центральной системе координат:

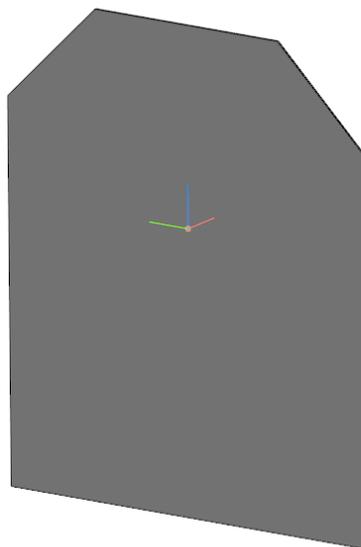
Осевые моменты инерции	$J_x = 17154 \text{ кг*м}^2$
	$J_y = 17822 \text{ кг*м}^2$
	$J_z = 19144 \text{ кг*м}^2$
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = -0 \text{ кг*м}^2$
	$J_{xz} = 1 \text{ кг*м}^2$
	$J_{yz} = -0 \text{ кг*м}^2$

В главной центральной системе координат:

$J_1 = 19144 \text{ кг*м}^2$
$J_2 = 17822 \text{ кг*м}^2$
$J_3 = 17154 \text{ кг*м}^2$

Рисунок 24 – Твердотельная модель кожуха бокового и его МЦХ

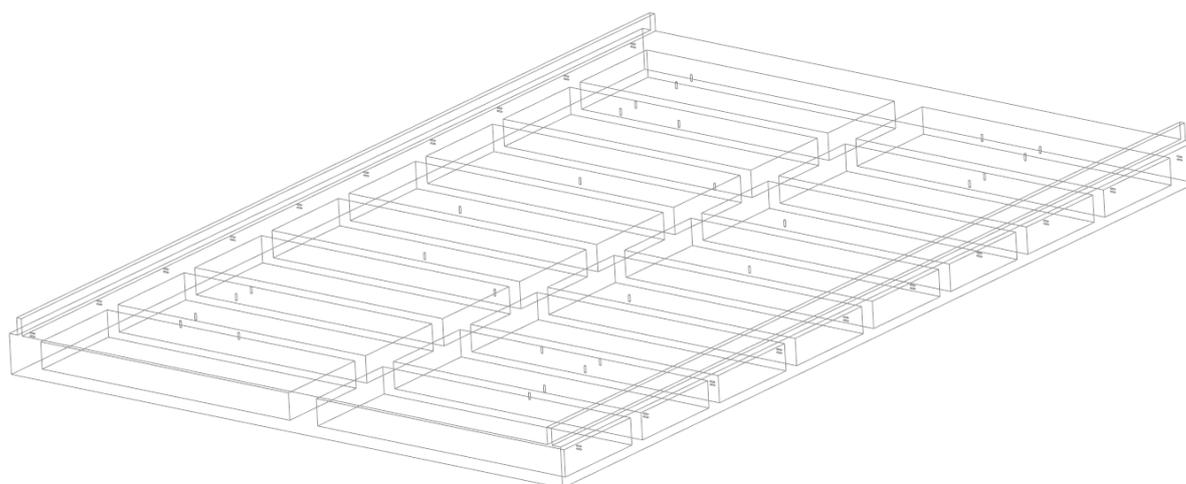
25. Твердотельная модель кожуха фронтального представлена на рисунке



Заданные параметры	
Масса	M = 550 кг
Материал тел	Сталь 40 ГОСТ 1050-2013
Плотность материала тел	Ro = 7850 кг/м ³
Расчетные параметры (тела и компоненты)	
Площадь	S = 51 м ²
Объем	V = 1 м ³
Центр масс	Xc = 0 м
	Yc = 0 м
	Zc = -1 м
Моменты инерции при заданной массе	
В абсолютной системе координат:	
Осевые моменты инерции	Jx = 2528 кг*м ²
	Jy = 1561 кг*м ²
	Jz = 967 кг*м ²
Центробежные моменты инерции	Jxy = 0 кг*м ²
	Jxz = -3 кг*м ²
	Jyz = -0 кг*м ²
В центральной системе координат:	
Осевые моменты инерции	Jx = 2315 кг*м ²
	Jy = 1348 кг*м ²
	Jz = 967 кг*м ²
Центробежные моменты инерции	Jxy = -0 кг*м ²
	Jxz = -0 кг*м ²
	Jyz = -0 кг*м ²
В главной центральной системе координат:	
	J1 = 2315 кг*м ²
	J2 = 1348 кг*м ²
	J3 = 967 кг*м ²

Рисунок 25– Твердотельная модель кожуха фронтального и его МЦХ

Твердотельная модель основания представлена на рисунке 26.



Масса	$M = 400$ кг
Материал тел	Сталь 40 ГОСТ 1050-2013
Плотность материала тел	$\rho_0 = 7850$ кг/м ³

Расчетные параметры (тела и компоненты)

Площадь	$S = 97$ м ²
Объем	$V = 5$ м ³
Центр масс	$X_c = -4$ м
	$Y_c = 0$ м
	$Z_c = -3$ м

Моменты инерции при заданной массе

В абсолютной системе координат:

Осевые моменты инерции	$J_x = 54$ кг*м ²
	$J_y = 117$ кг*м ²
	$J_z = 79$ кг*м ²
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = -0$ кг*м ²
	$J_{xz} = 49$ кг*м ²
	$J_{yz} = -0$ кг*м ²

В центральной системе координат:

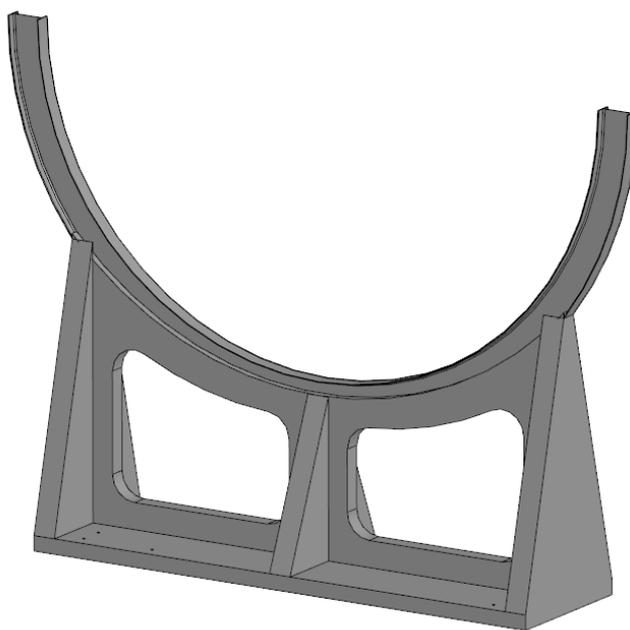
Осевые моменты инерции	$J_x = 8$ кг*м ²
	$J_y = 18$ кг*м ²
	$J_z = 26$ кг*м ²
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = -0$ кг*м ²
	$J_{xz} = 0$ кг*м ²
	$J_{yz} = -0$ кг*м ²

В главной центральной системе координат:

	$J_1 = 26$ кг*м ²
	$J_2 = 18$ кг*м ²
	$J_3 = 8$ кг*м ²

Рисунок 26 – Твердотельная модель основания и его МЦХ

Твердотельная модель опоры представлена на рисунке 27.



Масса	$M = 1350 \text{ кг}$
Материал тел	Сталь 10 ГОСТ 1050-2013
Плотность материала тел	$\rho_0 = 7856 \text{ кг/м}^3$

Расчетные параметры (тела и компоненты)

Площадь	$S = 23 \text{ м}^2$
Объем	$V = 1 \text{ м}^3$
Центр масс	$X_c = 0 \text{ м}$
	$Y_c = 0 \text{ м}$
	$Z_c = -3 \text{ м}$

Моменты инерции при заданной массе

В абсолютной системе координат:

Осевые моменты инерции	$J_x = 13158 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_y = 11032 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_z = 2259 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = 0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_{xz} = -0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_{yz} = -0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

В центральной системе координат:

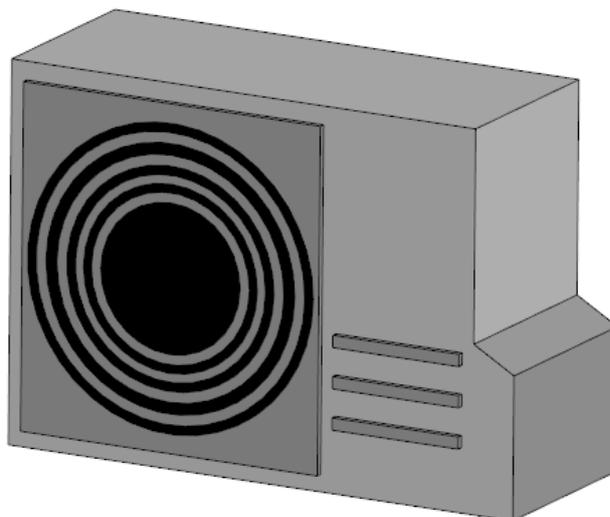
Осевые моменты инерции	$J_x = 2584 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_y = 458 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_z = 2259 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = 0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_{xz} = -0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_{yz} = -0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

В главной центральной системе координат:

	$J_1 = 2584 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_2 = 2259 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	$J_3 = 458 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Рисунок 27 – Твердотельная модель опоры и её МЦХ

Твердотельная модель кондиционера СОТР представлена на рисунке 29.



Масса	$M = 50 \text{ кг}$
Материал тел	Сталь 10 ГОСТ 1050-2013
Плотность материала тел	$\rho_0 = 7856 \text{ кг/м}^3$

Расчетные параметры(тела и компоненты)

Площадь	$S = 2 \text{ м}^2$
Объем	$V = 0 \text{ м}^3$
Центр масс	$X_c = 0 \text{ м}$
	$Y_c = 0 \text{ м}$
	$Z_c = 0 \text{ м}$

Моменты инерции при заданной массе

В абсолютной системе координат:

Осевые моменты инерции	$J_x = 8 \text{ кг*м}^2$
	$J_y = 7 \text{ кг*м}^2$
	$J_z = 4 \text{ кг*м}^2$
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = 0 \text{ кг*м}^2$
	$J_{xz} = 2 \text{ кг*м}^2$
	$J_{yz} = 0 \text{ кг*м}^2$

В центральной системе координат:

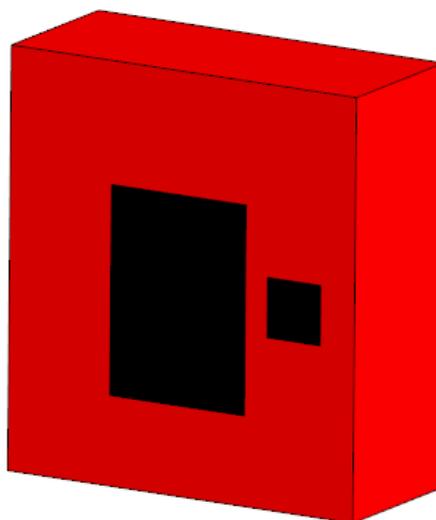
Осевые моменты инерции	$J_x = 4 \text{ кг*м}^2$
	$J_y = 2 \text{ кг*м}^2$
	$J_z = 3 \text{ кг*м}^2$
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = -0 \text{ кг*м}^2$
	$J_{xz} = -0 \text{ кг*м}^2$
	$J_{yz} = -0 \text{ кг*м}^2$

В главной центральной системе координат:

	$J_1 = 4 \text{ кг*м}^2$
	$J_2 = 3 \text{ кг*м}^2$
	$J_3 = 2 \text{ кг*м}^2$

Рисунок 29 – Твердотельная модель кондиционера СОТР и его МЦХ

Твердотельная модель шкафа пожарного представлена на рисунке 30.



Масса	M = 18 кг
Материал тел	Сталь 10 ГОСТ 1050-2013
Плотность материала тел	$\rho_0 = 7856$ кг/м ³

Расчетные параметры (тела и компоненты)

Площадь	S = 1 м ²
Объем	V = 0 м ³
Центр масс	X _с = 0 м
	Y _с = -0 м
	Z _с = 0 м

Моменты инерции при заданной массе

В абсолютной системе координат:

Осевые моменты инерции	J _x = 1 кг*м ²
	J _y = 1 кг*м ²
	J _z = 1 кг*м ²
Центробежные моменты инерции	J _{xy} = -0 кг*м ²
	J _{xz} = 0 кг*м ²
	J _{yz} = 0 кг*м ²

В центральной системе координат:

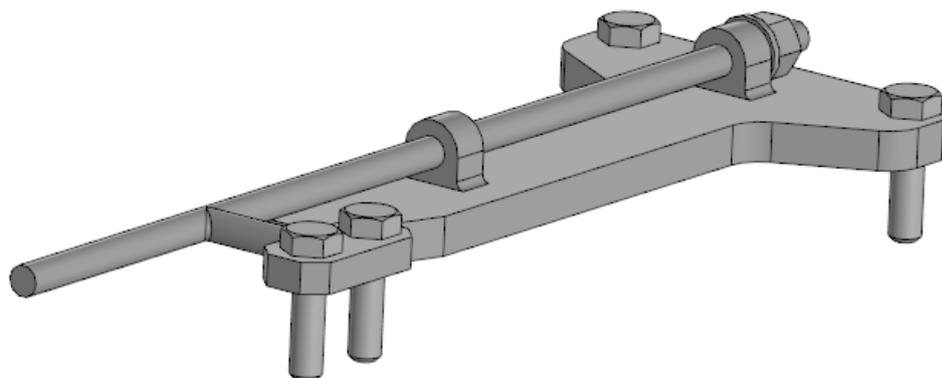
Осевые моменты инерции	J _x = 1 кг*м ²
	J _y = 1 кг*м ²
	J _z = 1 кг*м ²
Центробежные моменты инерции	J _{xy} = -0 кг*м ²
	J _{xz} = 0 кг*м ²
	J _{yz} = 0 кг*м ²

В главной центральной системе координат:

J ₁ = 1 кг*м ²
J ₂ = 1 кг*м ²
J ₃ = 1 кг*м ²

Рисунок 30 – Твердотельная модель шкафа пожарного и его МЦХ

Твердотельная модель защёлки представлена на рисунке 31.



Масса	$M = 1.031$ кг
Площадь	$S = 0.044$ м ²
Объем	$V = 0.000$ м ³
Центр масс	$X_c = -0.003$ м
	$Y_c = 0.008$ м
	$Z_c = 0.099$ м
Моменты инерции	
В абсолютной системе координат:	
Осевые моменты инерции	$J_x = 0.016$ кг*м ²
	$J_y = 0.017$ кг*м ²
	$J_z = 0.001$ кг*м ²
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = -0.000$ кг*м ²
	$J_{xz} = 0.000$ кг*м ²
	$J_{yz} = 0.001$ кг*м ²
В центральной системе координат:	
Осевые моменты инерции	$J_x = 0.006$ кг*м ²
	$J_y = 0.006$ кг*м ²
	$J_z = 0.001$ кг*м ²
Центробежные моменты инерции	$J_{xy} = -0.000$ кг*м ²
	$J_{xz} = 0.000$ кг*м ²
	$J_{yz} = -0.000$ кг*м ²
В главной центральной системе координат:	
	$J_1 = 0.006$ кг*м ²
	$J_2 = 0.006$ кг*м ²
	$J_3 = 0.000$ кг*м ²

Рисунок 31 – Твердотельная модель защёлки и её МЦХ

2.6 Разработка комплекта конструкторской документации

В рамках выполнения ВКР был разработан комплект конструкторской документации.

На рисунке 32 представлена компоновочная схема контейнера.

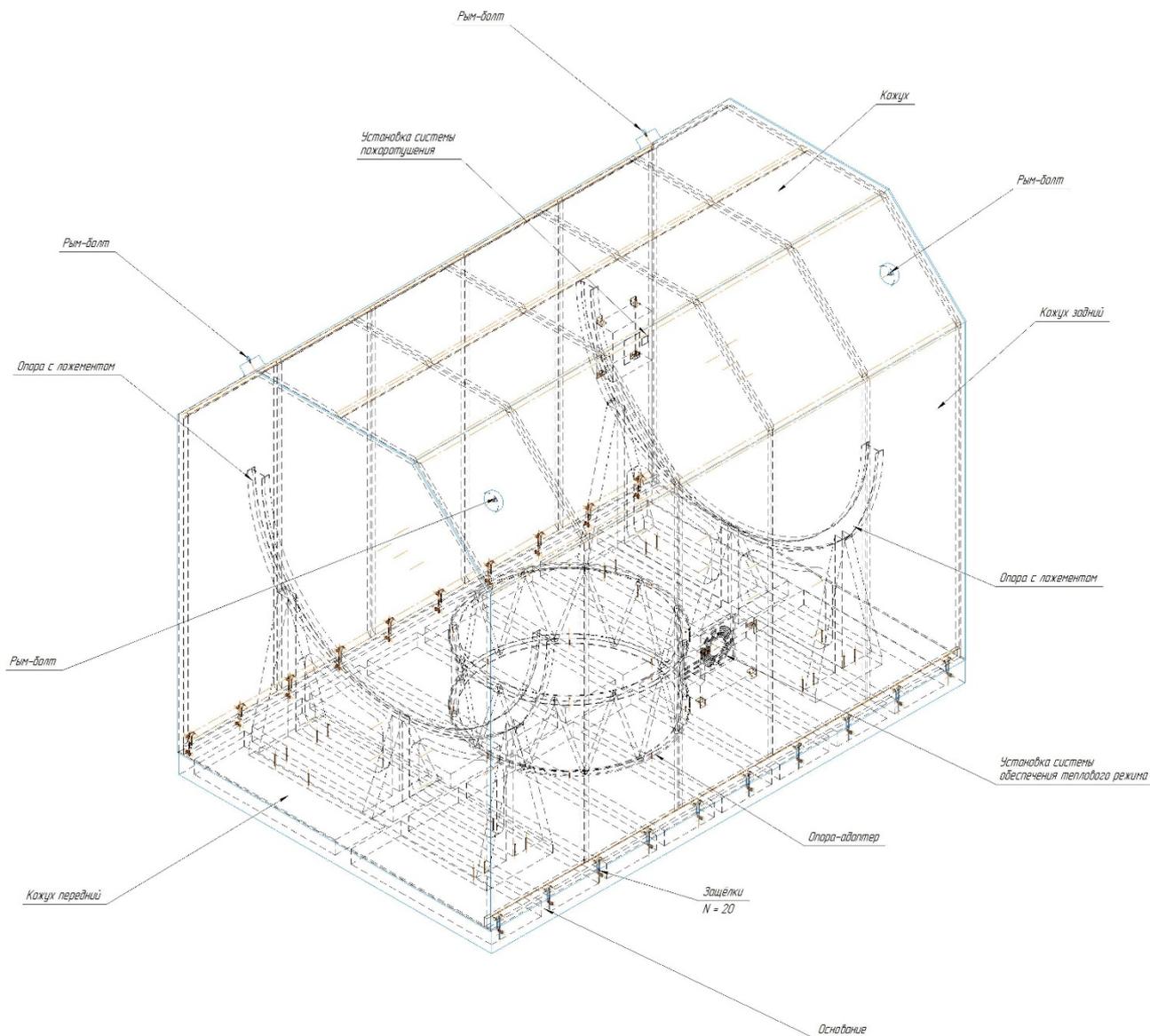


Рисунок 32 – Компоновочная схема контейнера

На рисунке 33 представлен сборочный чертёж контейнера.

На рисунке 35 представлена компоновочная схема защёлки.

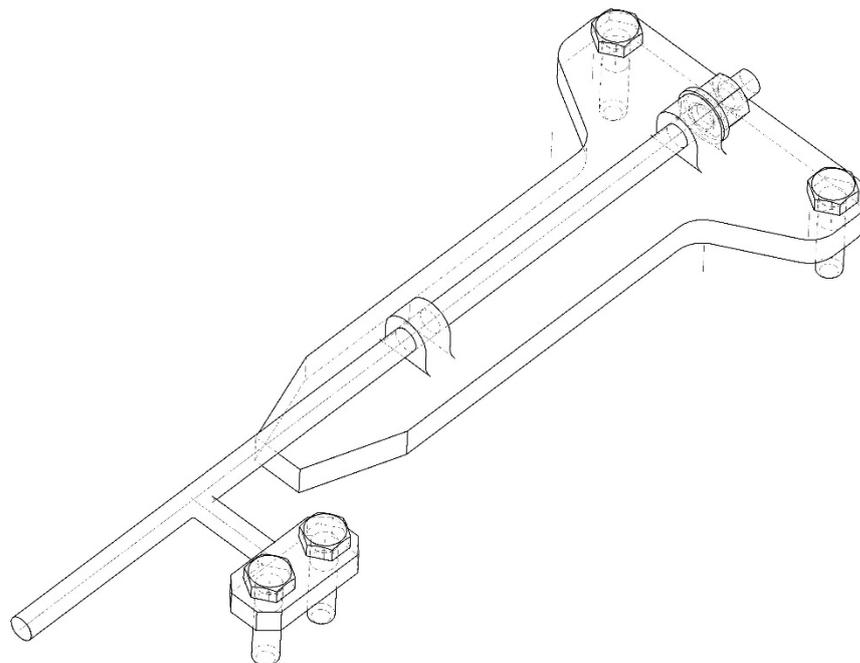


Рисунок 35 – Компоновочная схема защёлки

На рисунке 36 представлен сборочный чертёж пожарного шкафа.

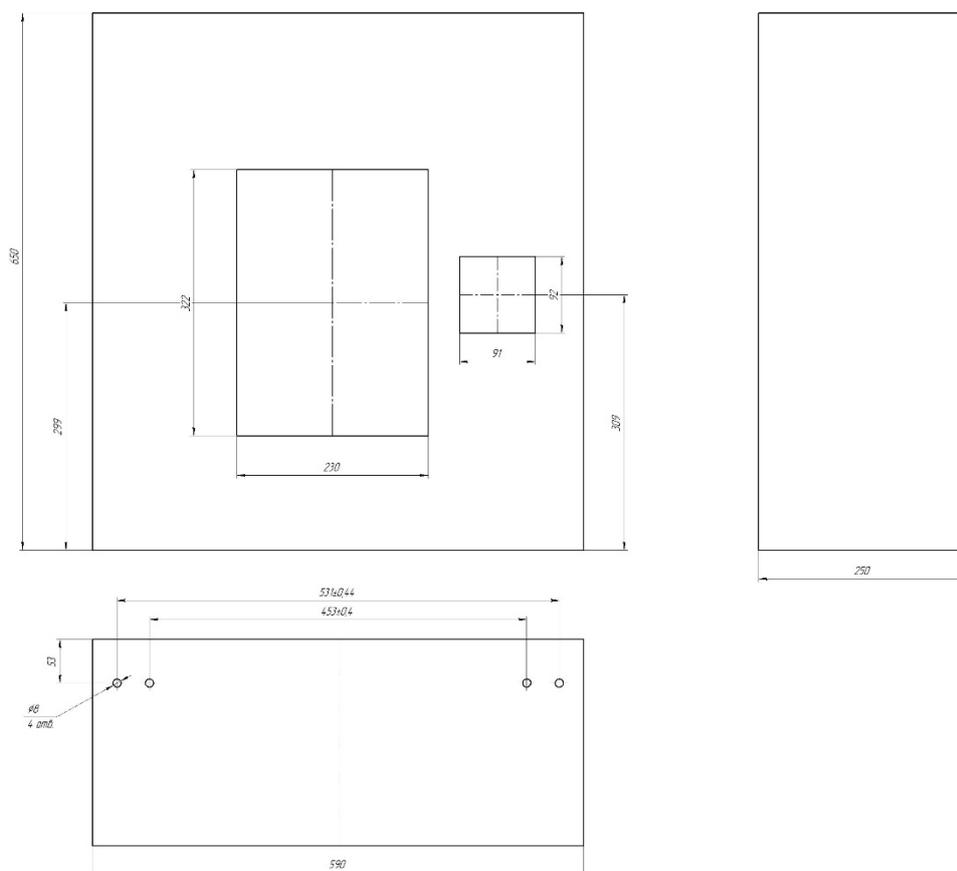
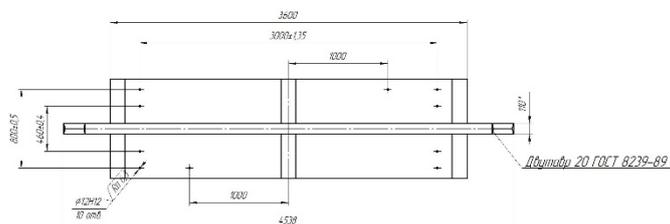
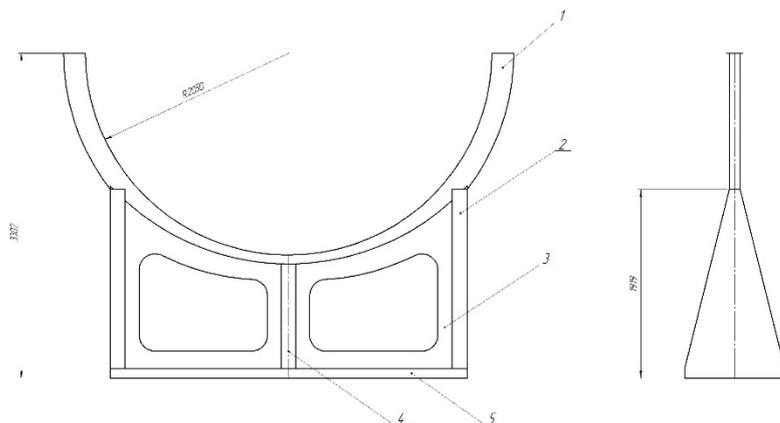


Рисунок 36 – Чертёж пожарного шкафа

На рисунке 37 представлен сборочный чертёж опоры с ложементом.

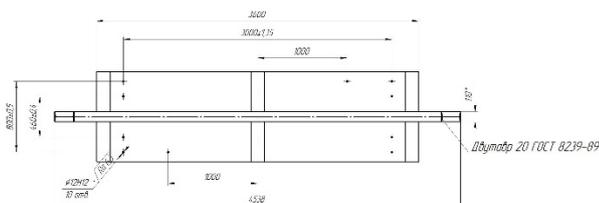
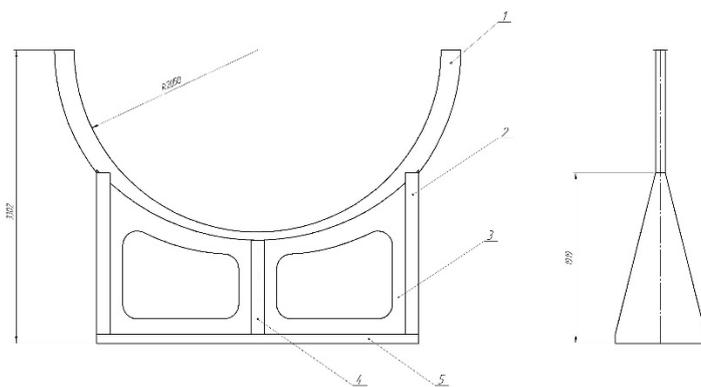


1. Указанные предельные отклонения размеров отверстий H12, диаметров H12, остальных размеров IT12/2.
2. * – размер для справок.
3. Группа материалов – латунь.
4. Сталь обработать шлиф по ГОСТ 4.771-76.
5. Поверхности шлифполировать, релаксировать и ультразвуковую чистку.
6. Допускание от соседности не более 0,1 мм.

№	п/п	Обозначение	Количество	З	Взам.- номер
		Детали			
	1	Дуговое	1		
	2	Вкладыш	2		
	3	Шарикоподшипник	2		
	4	Рабра	2		
	5	Вкладыш	1		

Рисунок 37 – Чертёж опоры с ложементом

На рисунке 38 представлен сборочный чертёж опоры с ложементом.

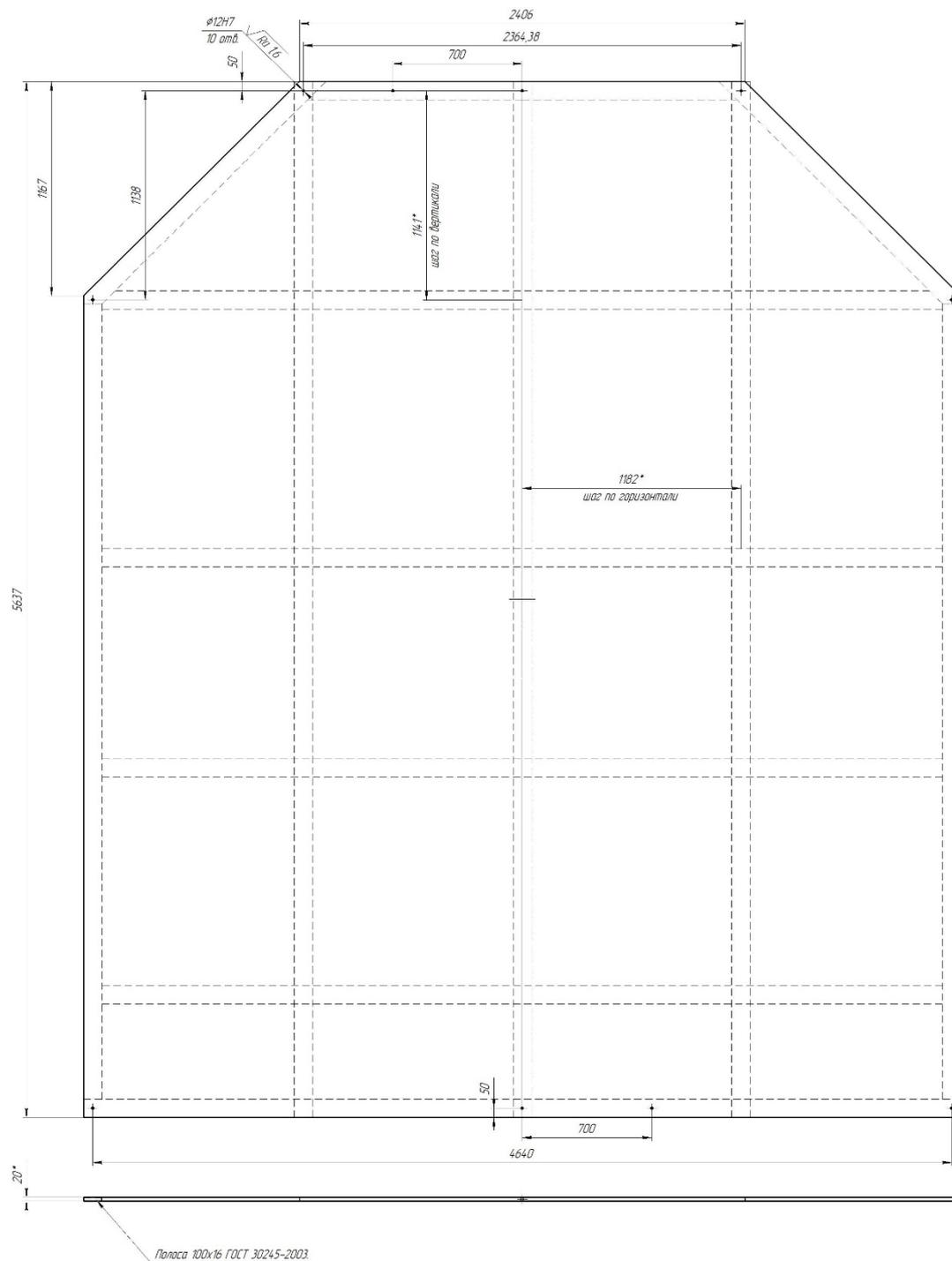


1. Указанные предельные отклонения размеров отверстий H12, диаметров H12, остальных размеров IT12/2.
2. * – размер для справок.
3. Группа материалов – латунь.
4. Сталь обработать шлиф по ГОСТ 4.771-76.
5. Поверхности шлифполировать, релаксировать и ультразвуковую чистку.
6. Допускание от соседности не более 0,1 мм.

№	п/п	Обозначение	Количество	З	Взам.- номер
		Детали			
	1	Дуговое	1		
	2	Вкладыш	2		
	3	Шарикоподшипник	2		
	4	Рабра	2		
	5	Вкладыш	1		

Рисунок 38 – Чертёж опоры с ложементом

На рисунке 39 представлен чертёж кожуха фронтального.



- 1 Неуказанные предельные отклонения размеров отверстий Н14, валов h14, остальных размеров ±IT14/2.
- 2 * – размеры для справок.
- 3 Сварка – аргонодуговая, способы соединений и разделки кромок в соответствии с ТП на изготовление изделия.
- 4 Все остальные требования в соответствии с ТУ.

Рисунок 39 – Чертёж кожуха фронтального

Таким образом, в рамках второй главы выпускной квалификационной работы, представляющей собой проектно-конструкторскую часть, был сформирован проектный облик разработанного контейнера. На основании результатов, полученных в процессе работы над главой 1, описано общее устройство и принципы функционирования контейнера. Рассчитаны основные проектные характеристики контейнера. Произведён расчёт сил и изгибающих моментов в опорах контейнера. На основании расчётов прочности произведён выбор материала конструкции контейнера (сталь 40) и профиль ложементов (двутавровый изогнутый профиль). Выбраны рым-болты для транспортировки контейнера. Рассчитаны резьбовые соединения в местах крепления опор. Произведён расчёт прочности посадочного места ферменного адаптера под РБ малой протяжённости. Спроектированы и рассчитаны защёлки для крепления кожуха. Выполнен расчёт основных габаритных размеров контейнера для транспортных операций. Произведён выбор средств пожарной безопасности. Осуществлён выбор СОТР. С помощью программы «Компас-3D» разработаны твердотельные модели основных компонентов контейнера и общая сборка, а также произведён расчёт массовых, центровочных и инерциальных характеристик контейнера.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРА

3.1 Проверочный расчёт на прочность элементов контейнера методом конечных элементов

Конечноэлементный расчёт контейнера был проведён с помощью ПО Solidworks. Последовательность результатов отражена на рисунках 40-55.

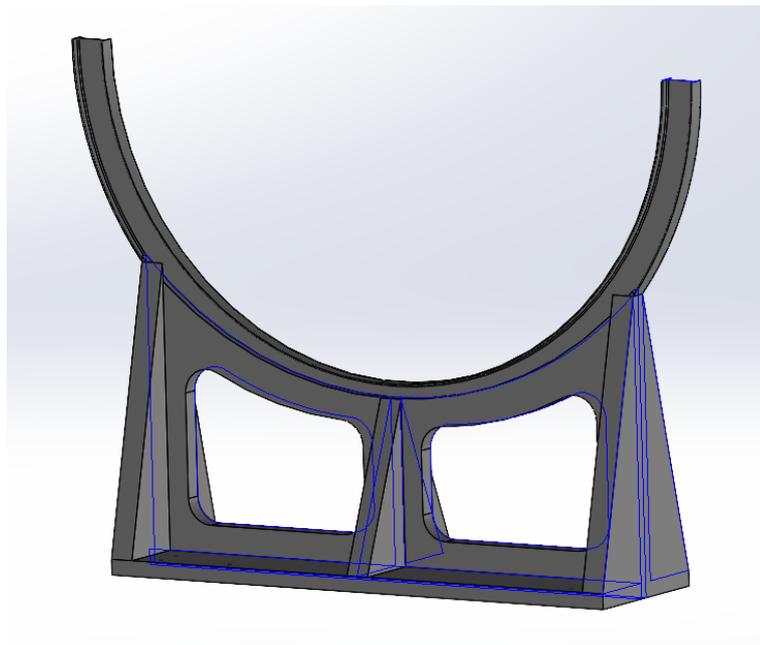


Рисунок 40 – Модель ложемента

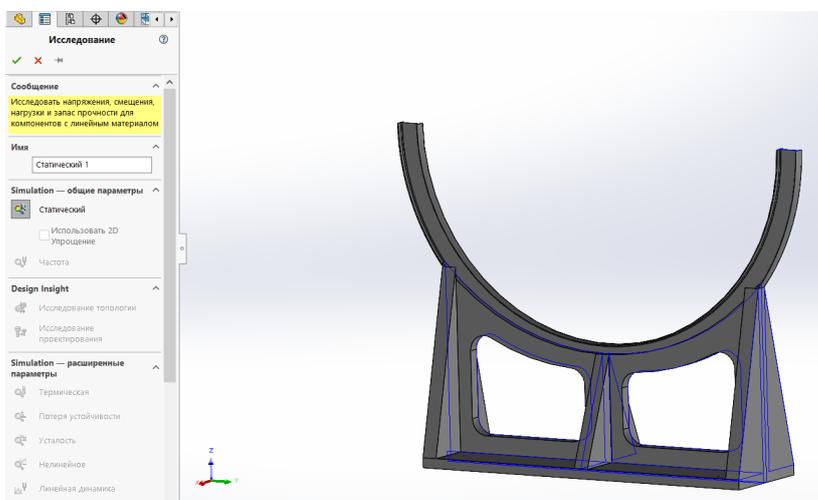


Рисунок 41 – Вкладка «Новое исследование»

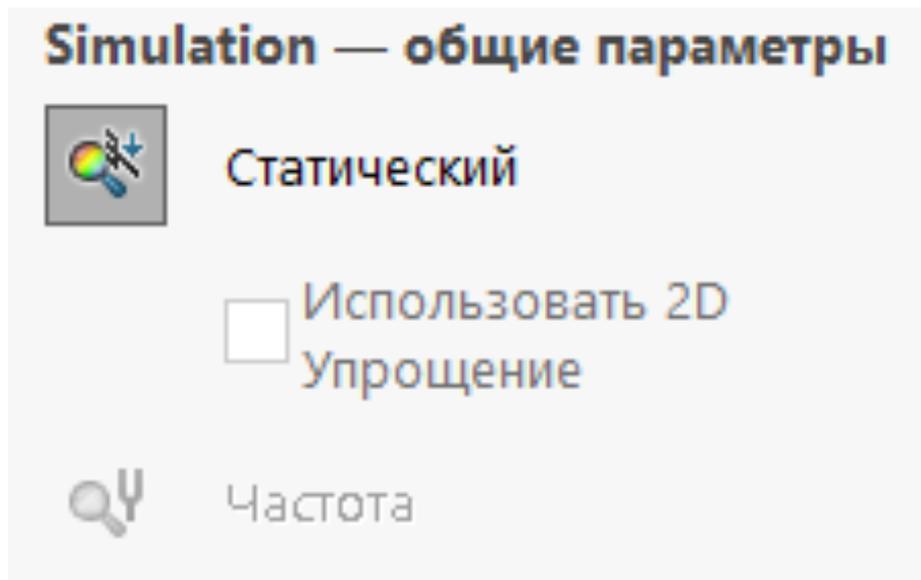


Рисунок 42 – Функция «Статический анализ»

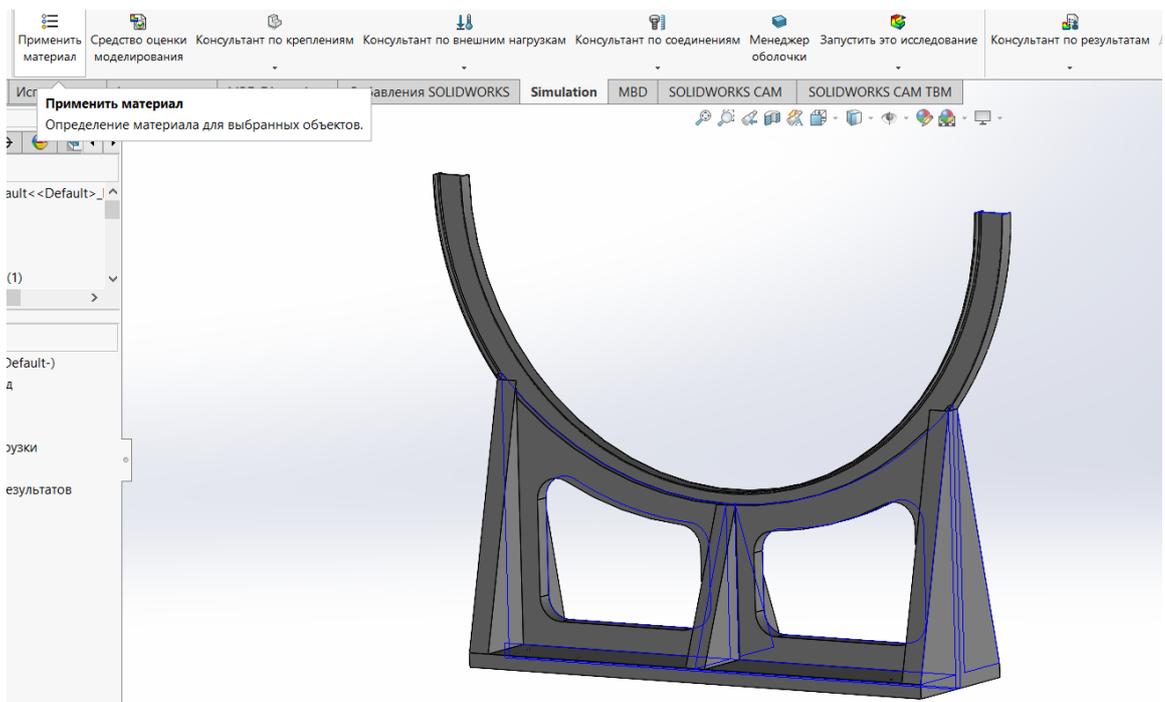


Рисунок 43 – Вкладка для применения материала

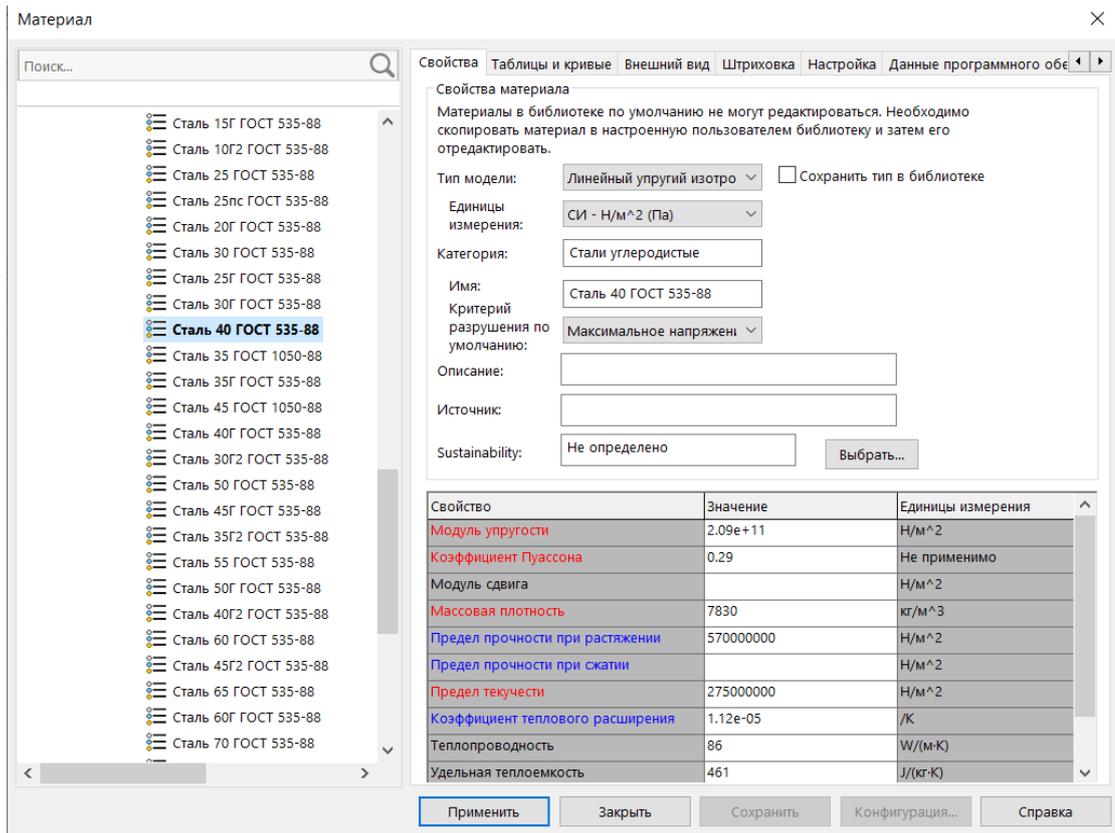


Рисунок 44 – Библиотека материалов по ГОСТ

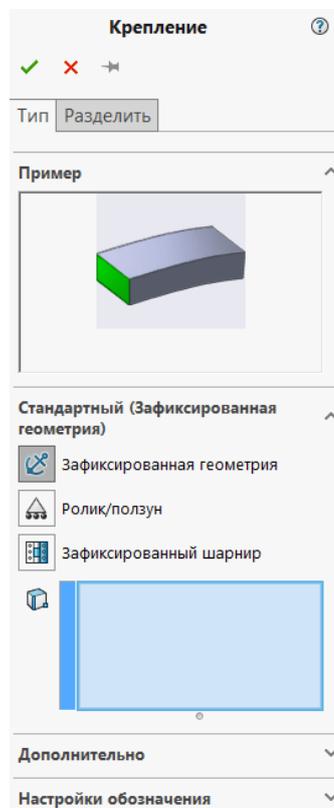


Рисунок 45– Функция «Зафиксированная геометрия»

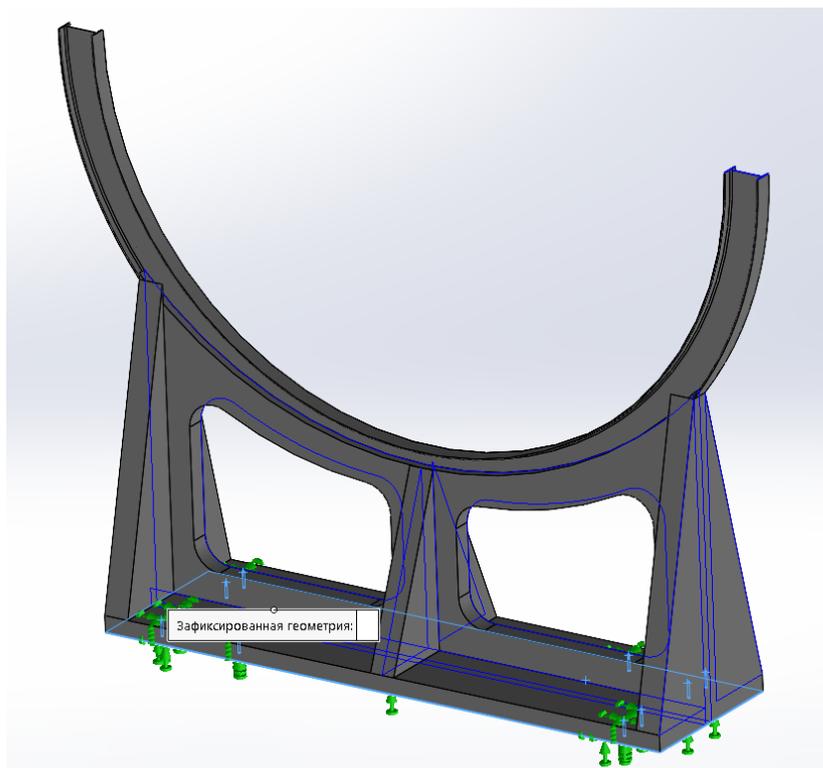


Рисунок 46– Закрепление опоры с ложементом

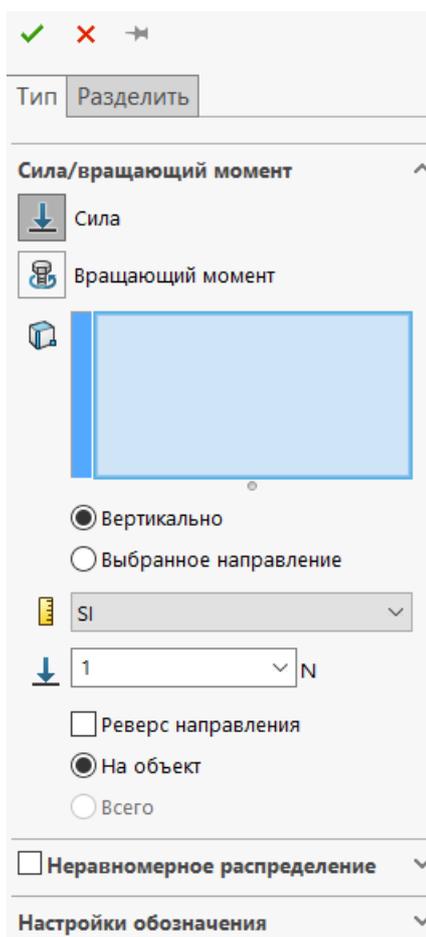


Рисунок 47 – Функция «Сила»

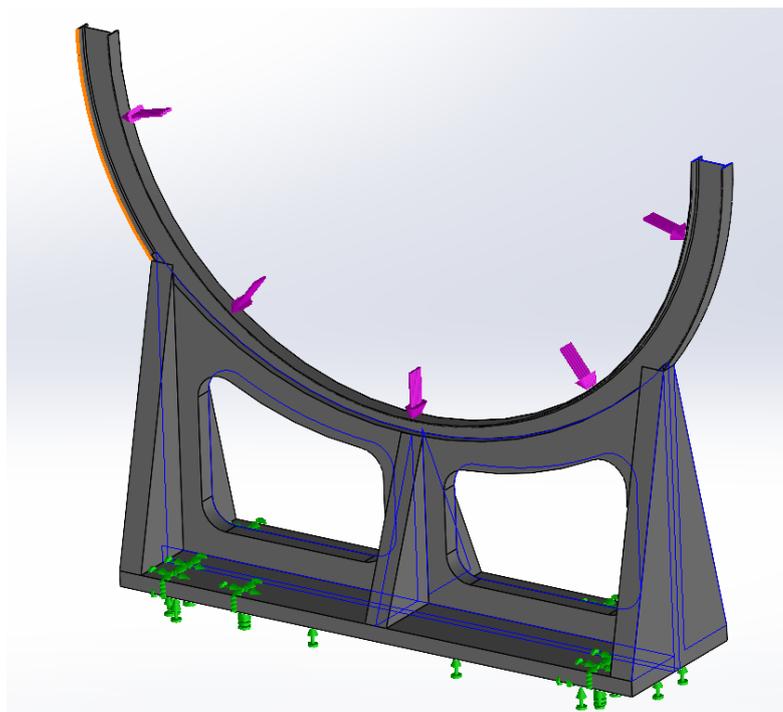


Рисунок 48– Усилие от РБ, приходящее на ложемент опоры

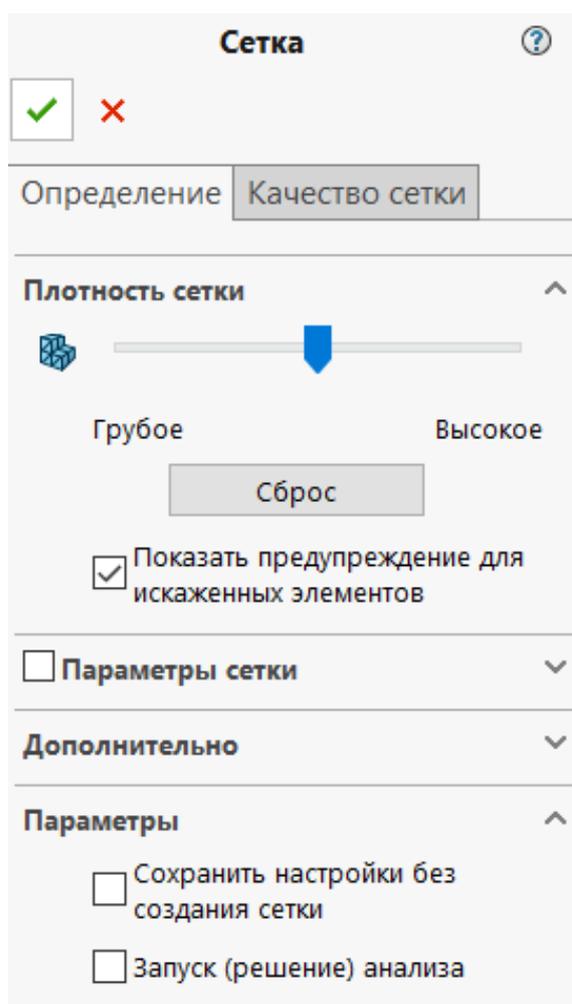


Рисунок 49 – Функция «Создать сетку»

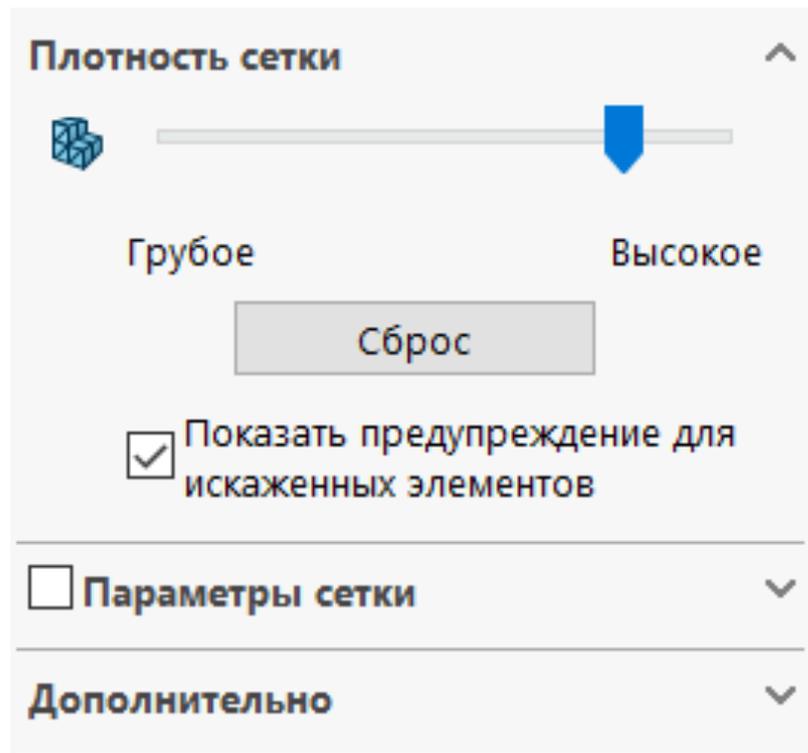


Рисунок 50 – Параметр «Плотность сетки»

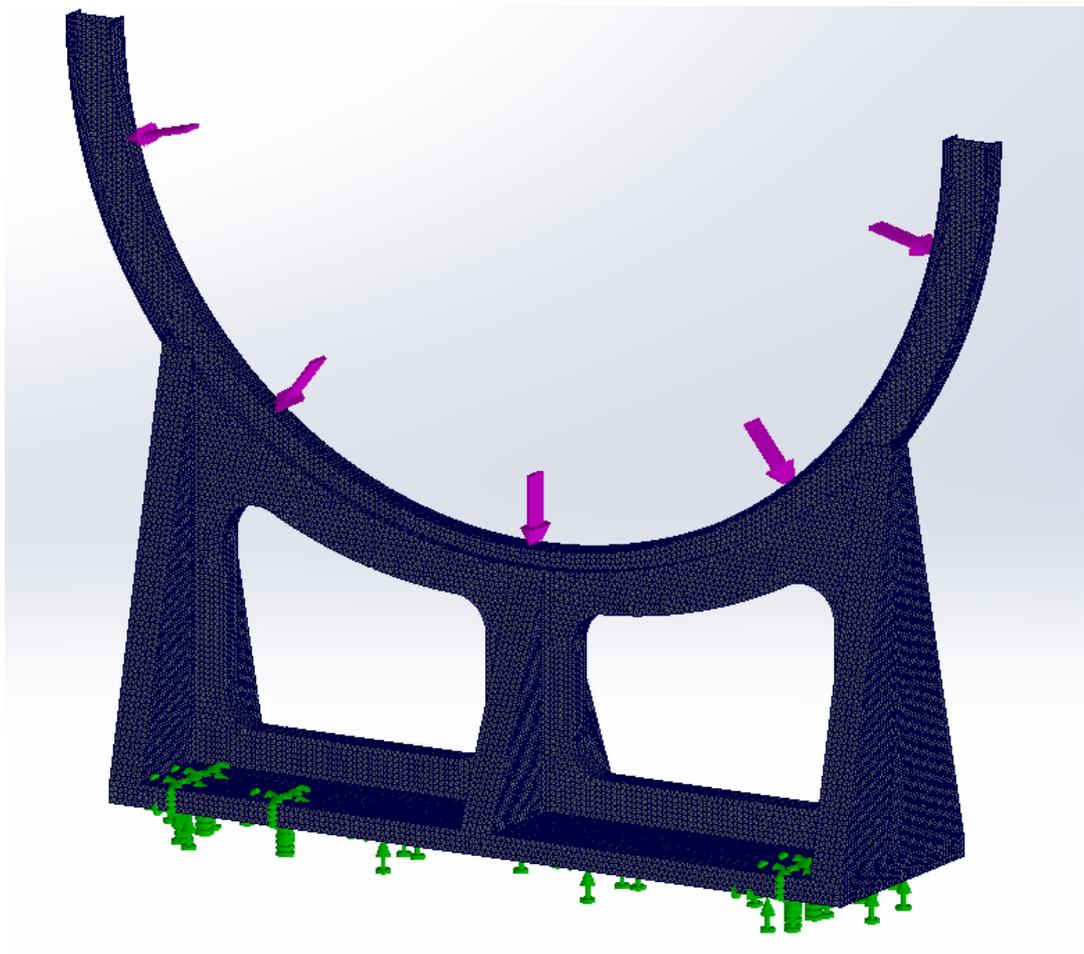


Рисунок 51 – Готовая сетка

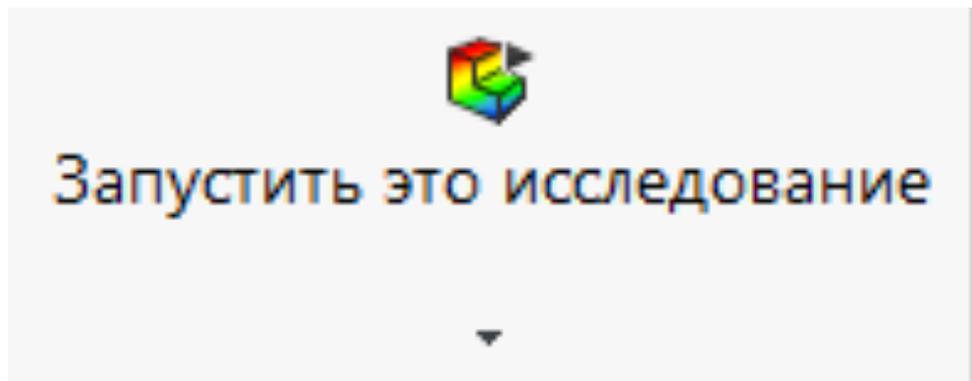


Рисунок 52 – Функция «Запустить это исследование»

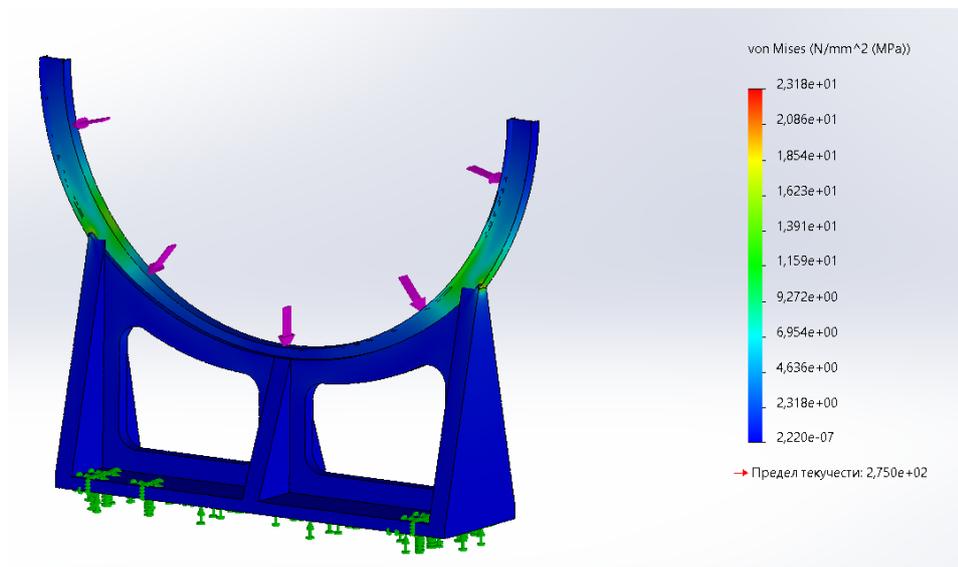


Рисунок 53– Результаты исследования

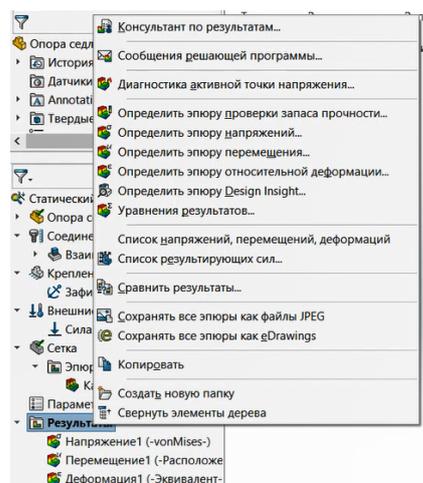


Рисунок 54 – Функция «Определить эпюру коэффициента проверки запаса прочности»

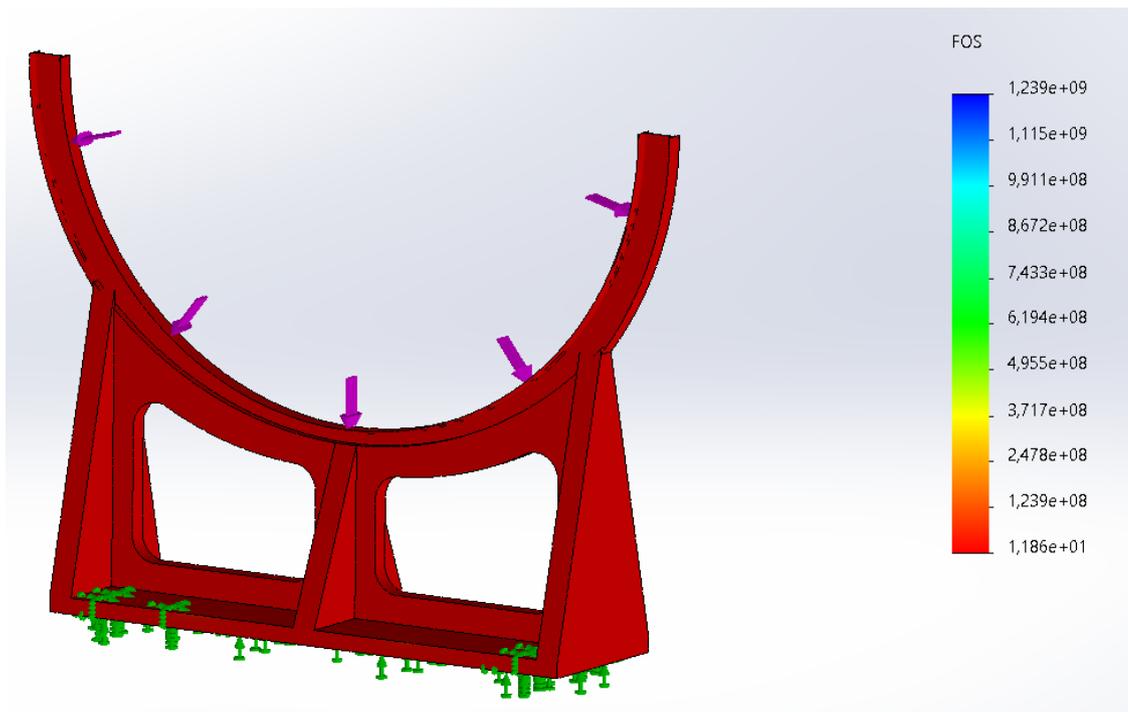


Рисунок 55– Результаты определения коэффициента запаса прочности

Аналогично проведём расчёт для опоры-адаптера и кронштейна и приведём результаты (рисунки 56-63).

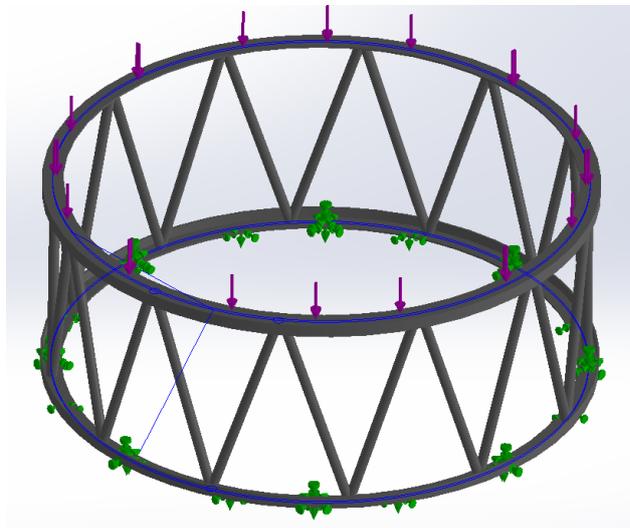


Рисунок 56 – Расчётная схема опоры-адаптера в Solidworks Simulation.

Ужесточённые испытания при нагрузке в 30000Н

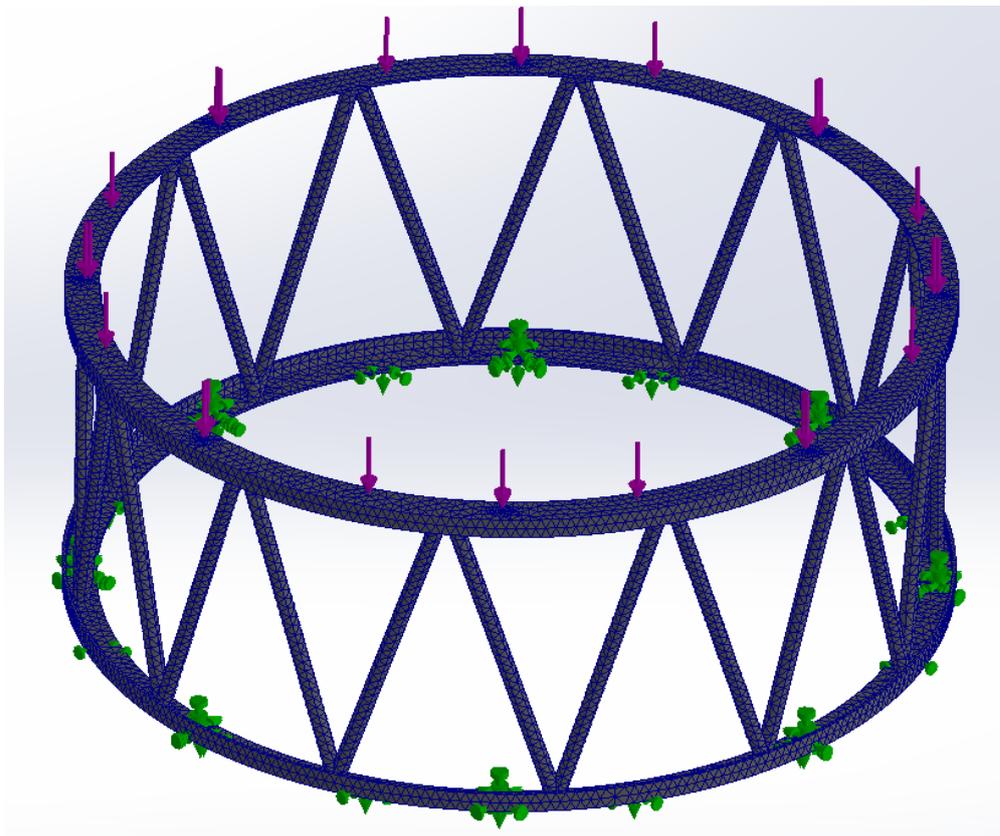


Рисунок 57 – Конечно-элементная модель опоры-адаптера

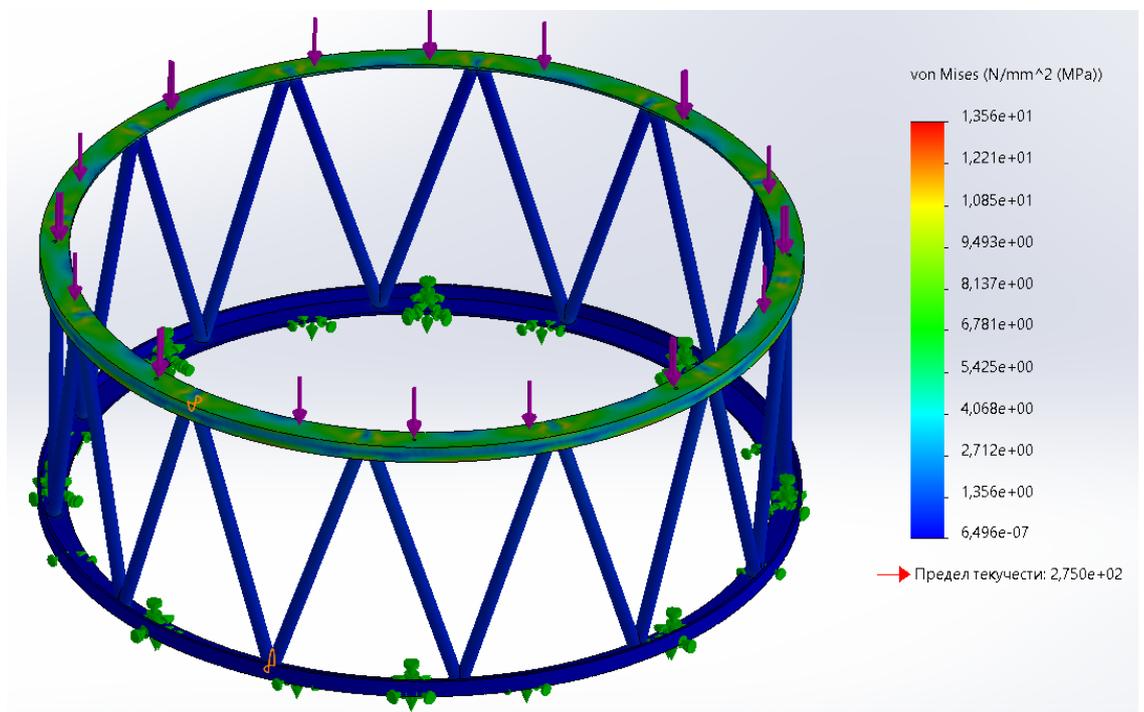


Рисунок 58 – Эпюра результатов расчёта эквивалентных напряжений по Мизесу. Максимальное расчётное напряжение составляет 13,56 МПа

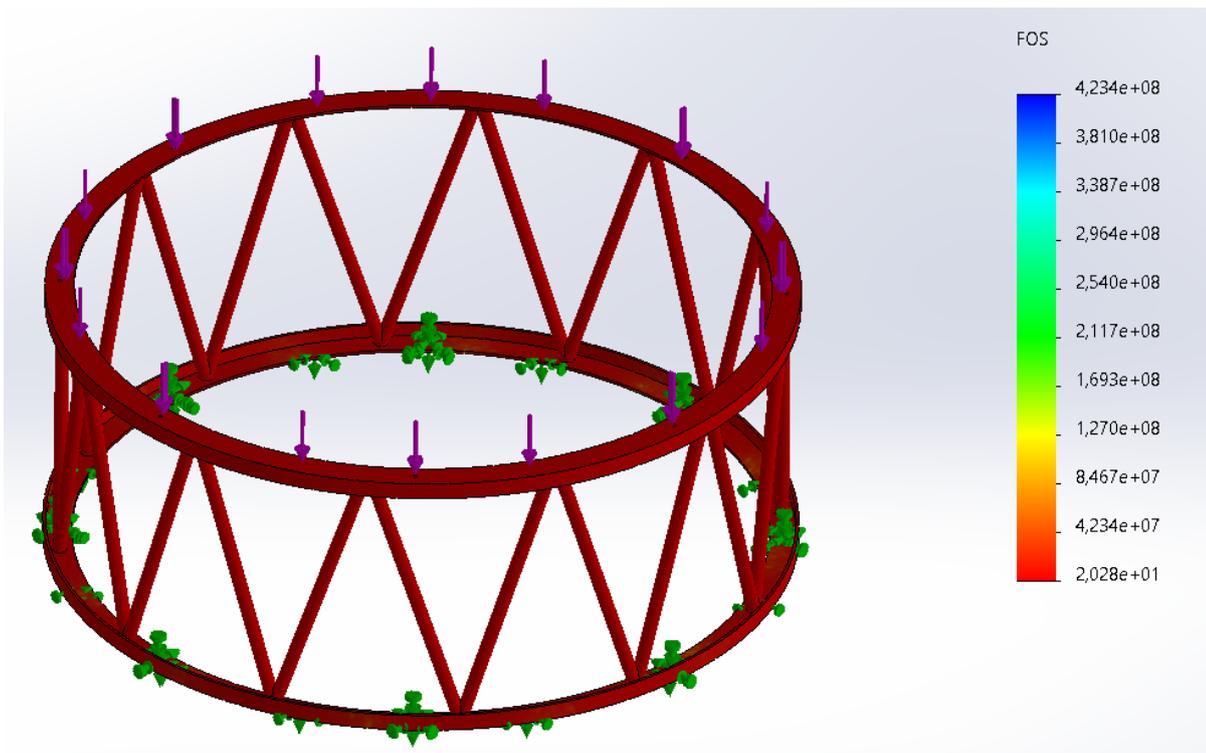


Рисунок 59 – Эпюра результатов расчёта запаса прочности.
 Минимальный коэффициент запаса прочности составил 20,28

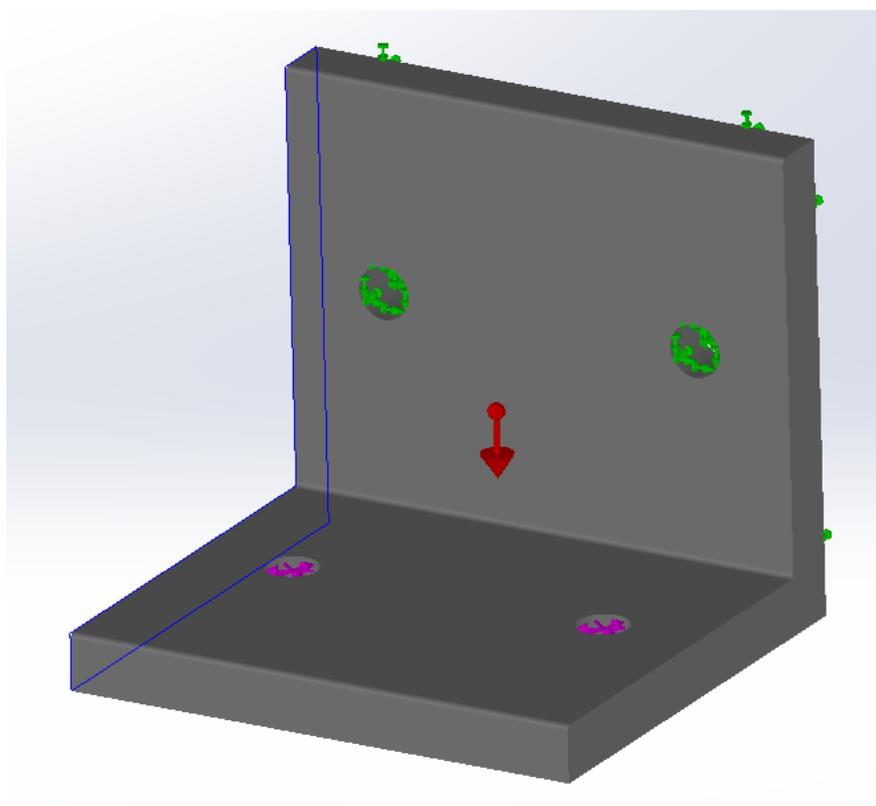


Рисунок 60 – Расчётная схема кронштейна в Solidworks Simulation.
 Ужесточённые испытания при нагрузке в 6000Н

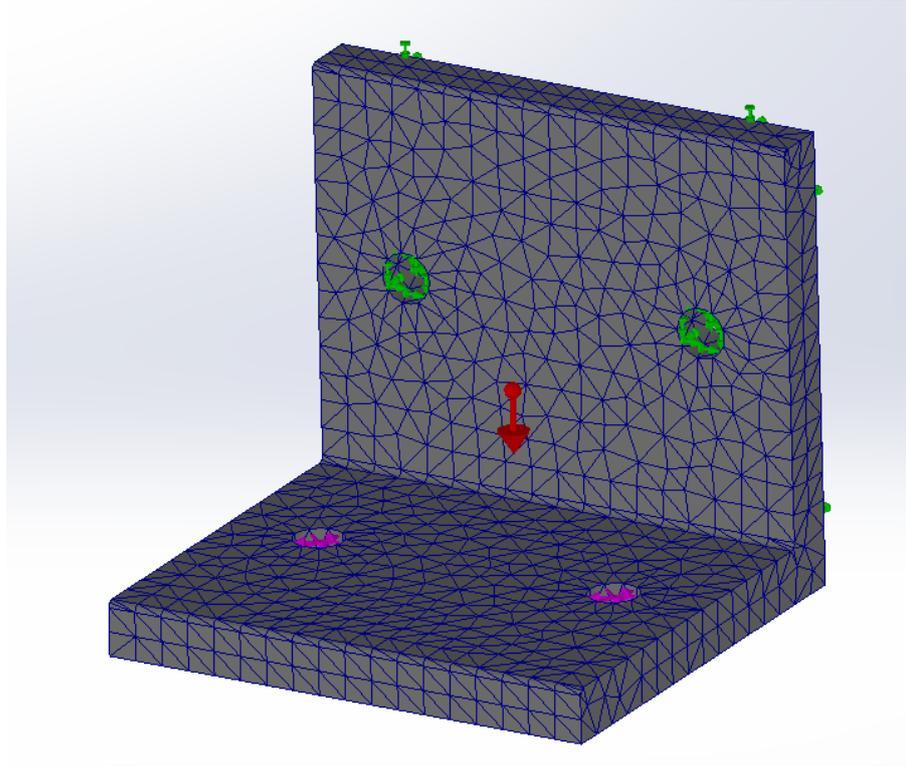


Рисунок 61 – Конечно-элементная модель кронштейна

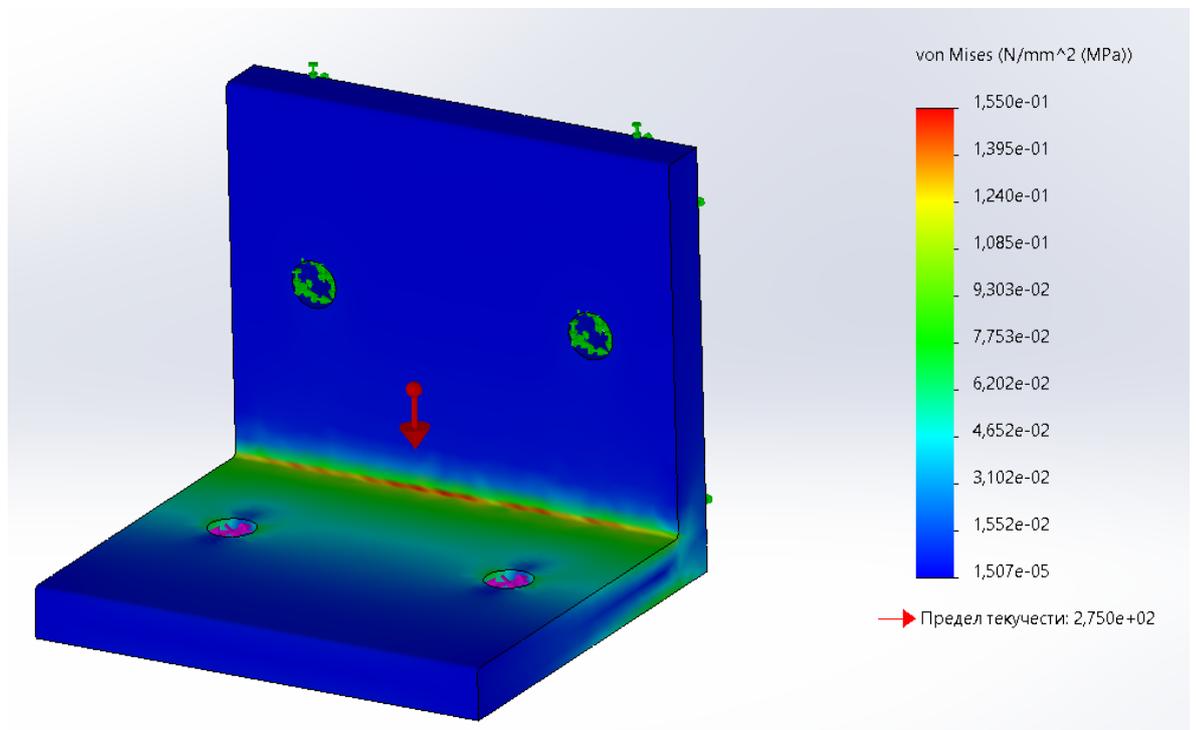


Рисунок 62 – Эпюра результатов расчёта эквивалентных напряжений по Мизесу. Максимальное расчётное напряжение составляет 0,155 МПа

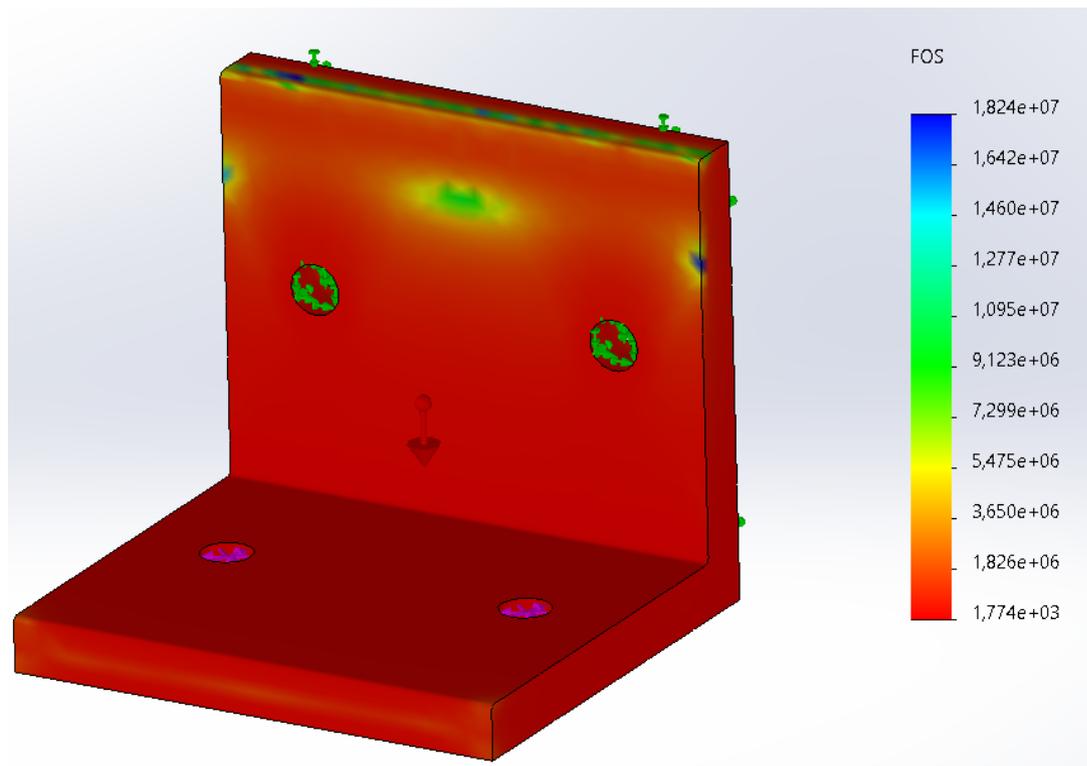


Рисунок 63 – Эпюра результатов расчёта запаса прочности.
 Минимальный коэффициент запаса прочности составил 1774

3.2 Указание техническое на процесс сборки-разборки контейнера

Перед началом операции контейнер поставляется на место сбора в разобранном виде.

Примечание: пометка «при необходимости» означает возможность вариации конструкции контейнера в зависимости от устанавливаемого РБ.

Основным временем называют время, необходимое для непосредственного выполнения операций, перечисленных в УТ.

Вспомогательным временем называют время, требующееся на вспомогательные переходы в рамках операций, например: перемещение работников, перемещение инструмента, настройка и наладка инструмента и оборудования и др.

1) Установить опоры (при необходимости) и ферменный адаптер (при необходимости) на основание контейнера.

Оборудование: подъёмный кран.

Расчёт рабочей силы: 4 чел.

Основное время: $T_{01} = 0,2 \text{ ч.}$

Вспомогательное время: $T_{e1} = 0,5 \text{ ч.}$

Инструмент: пузырьковый уровень, моментные ключи / гайковёрт, рожковые ключи, киянка.

2) Установить разгонный блок на опоры по местам крепления в технологических отверстиях при помощи рым-болтов.

Примечание: при установке протяжённых по длине РБ следует размещать РБ на опорах с ложементами.

Примечание: при установке РБ малой протяжённости следует размещать РБ на ферменном адаптере.

Оборудование: подъёмный кран.

Расчёт рабочей силы: 4 чел.

Основное время: $T_{02} = 0,2 \text{ ч.}$

Вспомогательное время: $T_{e2} = 0,3 \text{ ч.}$

Инструмент: пузырьковый уровень, моментные ключи / гайковёрт, рожковые ключи.

3) Установить кожух на платформу

Оборудование: подъёмный кран.

Расчёт рабочей силы: 4 чел.

Инструмент: пузырьковый уровень.

Основное время: $T_{03} = 0,2 \text{ ч.}$

Вспомогательное время: $T_{e3} = 0,3 \text{ ч.}$

4) Зафиксировать кожух с платформой при помощи защёлок.

Оборудование: нет.

Расчёт рабочей силы: 4 чел.

Инструмент: рожковые ключи / гайковёрт.

Основное время: $T_{04} = 0,2 \text{ ч.}$

Вспомогательное время: $T_{e4} = 0,3 \text{ ч.}$

5) Установить переднюю боковину кожуха.

Оборудование: подъёмный кран, передвижной подъёмник.

Расчёт рабочей силы: 4 чел.

Инструмент: рожковые ключи / гайковёрт.

Основное время: $T_{05} = 0,2 \text{ ч.}$

Вспомогательное время: $T_{e5} = 0,3 \text{ ч.}$

6) Установить элементы системы пожаротушения и системы терморегулирования в контейнере.

Оборудование: нет.

Расчёт рабочей силы: 4 чел.

Инструмент: рожковые ключи / шуруповёрт.

Основное время: $T_{06} = 0,2 \text{ ч.}$

Вспомогательное время: $T_{e6} = 0,3 \text{ ч.}$

7) При необходимости разместить в свободных местах ящики с запасными частями, инструментом и принадлежностями.

Оборудование: нет.

Расчёт рабочей силы: 4 чел.

Инструмент: нет.

Основное время: $T_{07} = 0,2 \text{ ч.}$

Вспомогательное время: $T_{e7} = 0,3 \text{ ч.}$

8) Установить заднюю боковину кожуха.

Оборудование: подъёмный кран, передвижной подъёмник.

Расчёт рабочей силы: 4 чел.

Инструмент: рожковые ключи / гайковёрт.

Контейнер готов к эксплуатации.

Разборка контейнера осуществляется в обратном порядке.

Основное время: $T_{08} = 0,2$ ч.

Вспомогательное время: $T_{e8} = 0,3$ ч.

Таким образом, полное время рассчитывается по формуле:

$$T = \left(\sum_{i=1}^8 T_0 i + \sum_{i=1}^8 T_e i \right) = 4,2 \text{ ч.} \quad (24)$$

Трудоёмкость операции:

$$T_p = 4 \cdot T = 4 \cdot 4,2 = 16,8 \text{ чел.-час.} \quad (25)$$

Таким образом, в рамках третьей главы выпускной квалификационной работы, представляющей собой исследовательскую и технологическую части, были проработаны некоторые технологические вопросы изготовления и эксплуатации контейнера. С помощью программы Solidworks и пакета Solidworks Simulation был выполнен расчёт твердотельных моделей контейнера на статическую прочность. Для таких составных частей, как опора с ложементом, опора-адаптер и кронштейн (для крепления кондиционера СОТР и пожарного шкафа) были приложены нагрузки, закрепления и построены конечно-элементные модели сеток. Затем, с помощью метода конечных элементов произведён расчёт эквивалентных напряжений по Мизесу и расчёт запасов прочности. С учётом того, что проводились ужесточённые испытания на повышенные нагрузки по сравнению с теми, что получены во второй части (с целью учёта моментов, не поддающихся учёту в

рамках проектных расчётов прочности), для всех элементов получены высокие запасы прочности, что означает значение вероятности безотказной работы, стремящееся к единице (в соответствии с методом расчёта «надёжность как вероятностная прочность»), и из этого следует, что разработанный контейнер является надёжным. Составлено указание техническое на сборку-разборку контейнера и выполнен расчёт полного времени и полной трудоёмкости эксплуатации контейнера.

4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КОНТЕЙНЕРОМ

Обеспечение безопасности рабочих при выполнении работ с контейнером представляет собой важнейшую задачу при эксплуатации контейнера. В данном разделе ВКР рассматриваются основные поражающие факторы и раскрываются меры безопасности, проводимые с целью парирования указанных факторов.

4.1 Основные поражающие факторы

К опасным операциям относятся следующие виды работ:

- работы, связанные с перегрузкой, кантованием, транспортированием изделия;
- работы, связанные с устройствами зачековки;
- работы, связанные со сборкой, опрессовкой испытательной системы и проверкой герметичности стыков в вакуумной камере;
- работы с пиросредствами.

Помимо опасных операций, при работе с контейнером на всех этапах эксплуатации необходимо обеспечить выполнение требуемых условий гигиены и эргономики; пожаробезопасности и пожаровзрывобезопасности; безопасности при эксплуатации изделий и инструментов; электробезопасности и защиты от воздействия статического электричества; обеспечение условий охраны труда [24].

4.2 Меры безопасности при работе с контейнером и основные нормативные документы

1) Обеспечение безопасности при выполнении опасных операций

Опасные операции должны проводиться с соблюдением повышенных мер безопасности, с участием минимального количества обслуживающего персонала, под непосредственным руководством лица, ответственного за проведение данного вида работ.

Перечень и меры безопасности при проведении опасных операций должны быть отражены в документации на проведение соответствующих видов работ.

При проведении работ на РБ запрещается:

- проведение работ без снятия статического электричества с бортовой аппаратуры и БКС;
- проводить одновременно с электрическими испытаниями другие виды работ за исключением случаев, оговоренных документацией или указанием Главного конструктора;
- пользоваться переносными электроприборами с напряжением питания более 36 В с касанием РБ и его составных частей;
- измерять электрические параметры непосредственно на контактах электросоединителей без переходных колодок;
- проводить натяжение, кручение, резкие перегибы кабелей;
- оставлять открытыми, без защитных крышек электросоединители и наконечники трубопроводов.

В процессе проведения работ должно быть обеспечено [24]:

- наличие одежды и обуви, удовлетворяющих требованиям чистоты, безопасности проведения технологических операций и не накапливающих статическое электричество;
- наличие необходимых страховочных приспособлений при работе на стенде;
- освещенность и вентиляция рабочих мест операторов;
- пооперационный контроль, по принадлежности к организации, представителями УТК, ВП МО РФ и разработчиками документации на проведение конкретных видов работ, выполняемых исполнителями технологических операций.

К работам с РБ допускаются лица, аттестованные на допуск к работам с изделием, прошедшие инструктаж по технике безопасности и допущенные по состоянию здоровья к работам с изделием. Инструктаж по технике

безопасности должен проводиться ежедневно перед началом работ с изделием [24].

Полный перечень требований безопасности при выполнении опасных операций должен быть изложен в ПОБ эксплуатации контейнера (или ПОБ эксплуатации СЧ более высокого уровня, куда входит контейнер).

2) Обеспечение гигиенических и эргономических условий

При проведении работ в сооружениях должны обеспечиваться безопасные оптимальные условия работы обслуживающего персонала с точки зрения гигиенических и эргономических требований в соответствии с ГОСТ 21115-75, ГОСТ 21953-76, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.019-2009, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [24].

Полный перечень требований безопасности по обеспечению гигиенических и эргономических условий должен быть изложен в ПОБ эксплуатации контейнера (или ПОБ эксплуатации СЧ более высокого уровня, куда входит контейнер).

3) Обеспечение пожаробезопасности и пожаровзрывобезопасности

На всех этапах работ, во всех сооружениях должны быть предусмотрены средства пожаротушения, газоанализа, сигнализации согласно Правил пожарной безопасности в РФ, приточно-вытяжной вентиляции или кондиционирования воздуха.

Для проведения работ с испытательным оборудованием ДУ должны применяться смазки и материалы, нейтральные к применяемым в этих системах газам и определённые в документации на ДУ.

Все применяемые материалы должны иметь сертификат или аналитический паспорт [24].

Полный перечень требований безопасности по обеспечению пожаробезопасности и пожаровзрывобезопасности должен быть изложен в ПОБ эксплуатации контейнера (или ПОБ эксплуатации СЧ более высокого уровня, куда входит контейнер).

4) Обеспечение безопасности при эксплуатации изделий и инструментов

Работы с РБ разрешается проводить только с помощью штатного и исправного оборудования, инструмента и принадлежностей, предусмотренных технологической и конструкторской документацией [24].

Инструмент должен иметь маркировку, привязан к операции техпроцесса и при работе должен быть закреплён на руке работающего.

Полный перечень требований безопасности при эксплуатации изделий и инструментов должен быть изложен в ПОБ эксплуатации контейнера (или ПОБ эксплуатации СЧ более высокого уровня, куда входит контейнер).

5) Обеспечение электробезопасности и защиты от воздействия статического электричества

При проведении работ на всех этапах подготовки РБ, КА и контейнер должны быть заземлены в соответствии с требованиями ГОСТ 19005-81.

При работах с изделием запрещается использовать одежду, материалы, обувь, способные накапливать статическое электричество.

Для снятия статического электричества с обслуживающего персонала и подключаемых кабелей используются специальные средства, соответствующие требованиям ОСТ 92-5168-93, ОСТ 92-1615-2013 [24].

Кабели и разъёмные соединители испытательного, заправочного и другого оборудования с бортовыми элементами должны быть промаркированы для исключения неправильной стыковки.

Монтажные работы, подключение и отключение электросоединителей бортовой и наземной кабельной сети должны проводиться при обесточенной аппаратуре с обеспечением пооперационного контроля [24].

В наземных источниках электропитания, используемых для обеспечения электропитания РБ и наземного испытательного оборудования, должны быть предусмотрены средства защиты от колебаний напряжения внешней сети.

Полный перечень требований электробезопасности и защиты от воздействия статического электричества должен быть изложен в ПОБ эксплуатации контейнера (или ПОБ эксплуатации СЧ более высокого уровня, куда входит контейнер).

б) Обеспечение условий охраны труда

Запрещается проведение опасных операций в ночное время (с 22:00 до 06:00 часов), за исключением работ с непрерывным технологическим циклом.

Запрещается совмещать опасные работы с другими видами работ на изделии.

При проведении опасных операций необходимо обеспечивать максимальную автоматизацию работ и применение средств защиты персонала по ГОСТ 12.4.011-89, ГОСТ Р 12.4.230.1-2007, ГОСТ 12.4.021-75, ГОСТ Р 12.4.213-99.

Полный перечень требований по обеспечению условий охраны труда должен быть изложен в ПОБ эксплуатации контейнера (или ПОБ эксплуатации СЧ более высокого уровня, куда входит контейнер).

Таким образом, в рамках четвёртой главы, посвящённой вопросам безопасности жизнедеятельности при эксплуатации контейнера, были рассмотрены вопросы безопасности при выполнении опасных операций; вопросы обеспечения гигиенических и эргономических условий; вопросы пожаробезопасности и пожаровзрывобезопасности; вопросы безопасности при эксплуатации изделий и инструментов; вопросы электробезопасности и защиты от воздействия статического электричества; вопросы по обеспечению условий охраны труда. Все опасные и вредные факторы при эксплуатации контейнера могут быть парированы посредством мер безопасности, изложенных в государственных стандартах и стандартах предприятия.

5 ОЦЕНКА СТОИМОСТИ РАЗРАБОТАННОГО КОНТЕЙНЕРА

Выполним экономическую оценку эффективности использования разработанного контейнера.

В таблице 2 представлены сведения по стоимости контейнеров, описанных в рамках первой главы.

Таблица 2 – Стоимость контейнеров

№	Контейнер	Стоимость, млн у.е.	Затраты на эксплуатацию в год, млн у.е.
1	762.6420-0	756	5,32
2	154.9330-000	589	4,17
3	154.9447-000	943	6,31

Рассчитаем стоимость разрабатываемого контейнера.

Затраты на создание контейнера можно рассчитать по формуле:

$$C_{\text{созд}} = C_{\text{разр}} + C_{\text{пр}}, \quad (26)$$

где $C_{\text{разр}}$ – стоимость разработки контейнера;

$C_{\text{пр}}$ – стоимость производства контейнера.

Расчёт стоимости разработки контейнера включает в себя суммирование затрат предприятия-изготовителя на проектирование изделия, C_1 затраты на оборудование C_2 и все виды работ до начала эксплуатации серийных изделий C_3 .

$$C_{\text{разр}} = C_1 + C_2 + C_3. \quad (27)$$

Из анализа статистики принимаем, что затраты предприятия-изготовителя на проектирование изделия составляют 300 млн у.е.

$$C_1 = 300 \text{ млн у.е.}$$

Затраты на оборудование, исходя из анализа статистики, составляют четверть от затрат предприятия-изготовителя на проектирование изделия, т.е.:

$$C_2 = 0,25C_y = 0,25 \cdot 300 = 75 \text{ млн у.е.} \quad (28)$$

Затраты на прочие виды работ до начала эксплуатации серийных изделий рассчитываются как половина стоимости затрат на оборудование, т.е.:

$$C_3 = 0,5C_2 = 0,5 \cdot 75 = 37,5 \text{ млн у.е.} \quad (29)$$

Таким образом, стоимость разработки контейнера составляет:

$$C_{\text{разр}} = 300 + 75 + 37,5 = 412,5 \text{ млн у.е.}$$

Стоимость производства первого образца контейнера, с учётом сложности и необходимости изготовления специализированной оснастки, составит 80% стоимости разработки.

$$C_{\text{пр}} = 0,8C_{\text{разр}} = 0,8 \cdot 412,5 = 330 \text{ млн у.е.} \quad (30)$$

Таким образом, затраты на создание контейнера составят:

$$C_{\text{созд}} = 412,5 + 330 = 742,5 \text{ млн у.е.}$$

Универсальный характер разработанного контейнера, с помощью которого допускается выполнение транспортировочных операций с различными типами РБ, позволяет значительно снизить затраты на эксплуатацию контейнера. В рамках первичного расчёта можно принять

затраты на эксплуатацию контейнера, равными 1% от стоимости создания контейнера, т.е. 7,425 млн у.е.

Получили значение затрат на ежегодную эксплуатацию, превышающую стоимость эксплуатации остальных контейнеров. При этом, стоит учесть, что в данном случае разрабатываемый контейнер позволяет заменить все три отдельно используемых контейнера, т.е.:

$$7,425 < 15,8 \text{ (млн у.е.)},$$

что позволяет сделать вывод об экономической эффективности эксплуатации разработанного контейнера.

Таким образом, в данной главе была проведена оценка экономической эффективности в первом приближении, результаты которой подтверждают экономичность разработанного изделия и финансовую выгоду для организации от его эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках первой главы выпускной квалификационной работы, представляющей собой теоретическую часть, был проведён литературный обзор существующих видов контейнеров, предназначенных для транспортировки РБ. Были рассмотрены такие РБ, как «Фрегат», «Бриз-М», «Персей», «Волга», сведены в таблицу их основные массовые и габаритные характеристики, что представляет собой исходные данные для дальнейшего проектирования контейнера. Описаны условия хранения РБ. Также был проведён обзор основных типов контейнеров, эксплуатирующихся в современной ракетно-космической практике, на основании чего был выбран прототип контейнера 374КТ07.01 и обоснована его масса, требования к условиям хранения, требования надёжности, требования к защите вибрационных и ударных нагрузок.

В рамках второй главы выпускной квалификационной работы, представляющей собой проектно-конструкторскую часть, был сформирован проектный облик разработанного контейнера. На основании результатов, полученных в процессе работы над главой 1, описано общее устройство и принципы функционирования контейнера. Рассчитаны основные проектные характеристики контейнера. Произведён расчёт сил и изгибающих моментов в опорах контейнера. На основании расчётов прочности произведён выбор материала конструкции контейнера (сталь 40) и профиль ложементов (двухтавровый изогнутый профиль). Выбраны рым-болты для транспортировки контейнера. Рассчитаны резьбовые соединения в местах крепления опор. Произведён расчёт прочности посадочного места ферменного адаптера под РБ малой протяжённости. Спроектированы и рассчитаны защёлки для крепления кожуха. Выполнен расчёт основных габаритных размеров контейнера для транспортных операций. Произведён выбор средств пожарной безопасности. Осуществлён выбор системы обеспечения теплового режима. С помощью программы «Компас-3D» разработаны твердотельные модели основных

компонентов контейнера и общая сборка, а также произведён расчёт массовых, центровочных и инерциальных характеристик контейнера.

В рамках третьей главы выпускной квалификационной работы, представляющей собой исследовательскую и технологическую части, были проработаны некоторые технологические вопросы изготовления и эксплуатации контейнера. С помощью программы Solidworks и пакета Solidworks Simulation был выполнен расчёт твердотельных моделей контейнера на статическую прочность. Для таких составных частей, как опора с ложементом, опора-адаптер и кронштейн (для крепления кондиционера СОРТ и пожарного шкафа) были приложены нагрузки, закрепления и построены конечно-элементные модели сеток. Затем, с помощью метода конечных элементов произведён расчёт эквивалентных напряжений по Мизесу и расчёт запасов прочности. С учётом того, что проводились ужесточённые испытания на повышенные нагрузки по сравнению с теми, что получены во второй части (с целью учёта моментов, не поддающихся учёту в рамках проектных расчётов прочности), для всех элементов получены высокие запасы прочности, что означает значение вероятности безотказной работы, стремящееся к единице (в соответствии с методом расчёта «надёжность как вероятностная прочность»), и из этого следует, что разработанный контейнер является надёжным. Составлено указание техническое на сборку-разборку контейнера и выполнен расчёт полного времени и полной трудоёмкости эксплуатации контейнера.

В рамках четвертой главы, посвящённой вопросам безопасности жизнедеятельности при эксплуатации контейнера, были рассмотрены вопросы безопасности при выполнении опасных операций; вопросы обеспечения гигиенических и эргономических условий; вопросы пожаробезопасности и пожаровзрывобезопасности; вопросы безопасности при эксплуатации изделий и инструментов; вопросы электробезопасности и защиты от воздействия статического электричества; вопросы по обеспечению условий охраны труда. Все опасные и вредные факторы при эксплуатации контейнера могут быть

парированы посредством мер безопасности, изложенных в государственных стандартах и стандартах предприятия.

В рамках пятой главы была проведена оценка экономической эффективности в первом приближении, результаты которой подтверждают экономичность разработанного изделия и финансовую выгоду для организации от его эксплуатации.

Из всего перечисленного можно сделать вывод, что цель выполнения ВКР достигнута, задачи раскрыты в полном объеме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Хохулин, В.С. Проектирование космических разгонных блоков с ЖРД: учебное пособие для курсового и дипломного проектирования / В.С Хохулин., В.А. Чумаков – М: Изд-во Машиностроение, 2000.

2 Феодосьев, В. В. Основы техники ракетного полета [Текст]. /В.В.Феодосьев. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 496 с.

3 Разгонный блок "Фрегат" [Электронный ресурс]: материалы сайта Рувики. Режим доступа: <https://ru.ruwiki.ru/Фрегат> (дата обращения 01.01.2025).

4 Продукция НПО им. Лавочкина: РБ "Фрегат" [Электронный ресурс]: материалы сайта Рувики. Режим доступа: <https://www.laspase.ru/ru/activities/products/sredstva-vyvedeniya/razgonnyye-bloki-fregat> (дата обращения 01.01.2025).

5 Разгонные блоки семейства "Д" [Электронный ресурс]: материалы сайта Госкорпорации "Роскосмос". Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/28991/> (дата обращения 01.01.2025).

6 Разгонный блок "Персей": задел на будущее [Электронный ресурс]: материалы сайта "Военное обозрение". Режим доступа: <https://topwar.ru/190749-razgonnyj-blok-14s48-persej-zadel-na-budushee.html> (дата обращения 01.01.2025).

7 Разгонный блок "Волга" [Электронный ресурс]: материалы сайта Госкорпорации "Роскосмос". Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/20069/> (дата обращения 01.01.2025).

8 Лозовенко, С.Н. Вариации универсальных контейнеров для транспортирования космических аппаратов // С. Н. Лозовенко, В. И.Голублев, Л. С.Ермаков. Решетневские чтения. 2013. №17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/variatsii-universalnyh-konteynerov-dlya-transportirovaniya-kosmicheskikh-apparatov> (дата обращения: 03.01.2025).

9 Савельев, Л. М. Прочность летательных аппаратов [Электронный ресурс]: интерактив. мультимед. пособие в системе дистанц. обучения "Moodle"

/ Л. М. Савельев, И. С. Ахмедьянов ; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара, 2012. - on-line

10 Сталь 40 [Электронный ресурс]: материалы марочника сталей и сплавов. Режим доступа: https://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=30 (дата обращения 01.01.2025).

11 Шадрин, В.К. Справочные данные к расчетно-проектировочным работам по сопротивлению материалов : метод. указания / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т) ; сост. В. К. Шадрин, В. С. Вакулюк, О. В. Каранаева, В. Ф. Павлов, А. А. Прохоров, В. П. Саза. - Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2024. - 1 файл (4,1 Мб). - Текст : электронный

12 Куренков, В. И. Методы обеспечения надежности и экспериментальная отработка ракетно-космической техники [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. И. Куренков, В. А. Капитонов ; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара, 2012. - on-line

13 Рым-болты. Технические условия. ГОСТ 4751-73.

14 Фитинговая платформа 13-9004 0 [Электронный ресурс]: материалы сайта ТЭК "Трансметалл". Режим доступа: https://www.transmetall.pro/rolling_stock/platform/13-9004/ (дата обращения 01.01.2025).

15 Шкаф пожарный ШПО-112 [Электронный ресурс]: материалы сайта НПО "Пульс". Режим доступа: <https://www.npropuls.ru/products/pozharnye-shkafy/shkafy-dlya-ognetushiteley/shpo112-krasnyj.html?ysclid=m5gska414t738160302> (дата обращения 01.01.2025).

16 Савченко, Н. В. Инженерная и компьютерная графика в системе Компас-3D : практикум / Н. В. Савченко ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). - Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2023. - 1 файл (12,3 Мб). - ISBN = 978-5-7883-1998-8. - Текст : электронный

17 Пересыпкин, К. В. Моделирование конструкций ракетно-космической техники методом конечных элементов в среде MSC.Nastran с использованием системы твердотельного моделирования SolidWorks [Электронный ресурс] : учеб. пособие / К. В. Пересыпкин, В. П. Пересыпкин, Е. А. Иванова ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара : [Изд-во СГАУ], 2006. - on-line. - ISBN = 5-7883-0443-1

18 Крашенинников, К.П. Технологический анализ рабочего чертежа детали [Текст]: методические указания/ Крашенинников К.П., Курбатов В.П.- Самара: СГАУ,2002. с.

19 Демин, Ф.И. Проектирование технологического маршрута изготовления детали [Текст]:методические указания/Ф.И. Демин, К.П. Крашенинников, В.Г. Филимошин– Самара: СГАУ, 1994 .– 44с.

20 Иващенко, И.А. Расчеты размерно-точностных параметров механической обработки заготовок [Текст]: методические указания/ И.А. Иващенко, И.М. Трухман. - Самара: СГАУ, 1993 – 99с.

21 Моисеев, В. К. Механическая обработка. Проектирование технологических процессов : учеб. пособие. - Текст : электронный / В. К. Моисеев, А. А. Шаров, О. В. Ломовской ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). - Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2021. - 1 файл (Мб). - ISBN = 978-5-7883-1654-3

22 Иващенко, И.А. Оптимизация технологических процессов механической обработки деталей двигателей летательных аппаратов [Текст]: учебное пособие/И. А. Иващенко, И. Н. Косенко, В. А. Мартынов. – Куйбышев: КуАИ, 1991. - 92 с.

23 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1[Текст]: под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с

24 Резчиков, Е. А. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / Е. А. Резчиков, А. В. Рязанцева. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 634 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-

534-20019-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557469> (дата обращения: 03.01.2025).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Условное обозначение резьбы d	Примечание	Размеры в мм											Масса 1 шт., кг
		d_1	d_2	d_3	d_4	b	h	h_1	l	l_1 не менее	r	r_1	
M8		36	20	8	20	10	12	6	18	12	4	0,05	
M10		45	25	10	25	12	16	8	21	15	2	0,12	
M12		54	30	12	30	14	18	10	25	19		0,19	
M16		63	35	14	36	16	20	12	32	25	6	0,31	
M20		72	40	16	40	19	24	14	38	29	8	0,50	
M24		90	50	20	50	24	29	16	45	35	3	0,87	
M30		108	60	24	63	28	37	18	55	44	15	1,58	
M36		126	70	28	75	32	43	22	63	51	18	2,43	
M42		144	80	32	85	38	50	25	72	58	4	3,72	
M48		162	90	36	95	42	52	30	82	68	22	5,54	
M56		180	100	40	105	48	60	34	95	78	25	8,09	
M64		198	110	44	115	52	65	40	110	93	5	10,95	
M72 × 6		234	130	52	135	62	75	45	115	98	35	18,54	
M80 × 6		270	150	60	160	70	88	50	125	108	40	25,40	
M100 × 6		324	180	72	190	85	105	60	150	133	40	43,82	

Условное обозначение резьбы	Грузоподъемность на 1 рым-болт, кг. *	
	при направлении строп по вертикальной оси рым-болта	при направлении строп под углом 45° от вертикальной оси рым-болта
Условное обозначение резьбы	по вертикальной оси рым-болта	под углом 45° от вертикальной оси рым-болта
	120	80
	200	125
	300	175
	550	250
	850	325
	1250	500
	2000	700
	3000	1000
	4000	1300
	5000	1650
	6200	2000
	7500	2500
	10000	3500
	14000	4500
	20000	6500

Рисунок А 1 – Основные характеристики рым-болтов [13]