

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

«  » 2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: Модернизация площадки обслуживания двигательной установки на
пусковом столе ракеты космического назначения Ангара А5.

Исполнитель
студент группы 9111-ос



Т.А. Калинин

Руководитель
профессор, д-р техн. наук



А.Д. Плутенко

Консультант
доцент



К.А. Насуленко

Консультант по БЖД
доцент, канд. техн. наук



А.В. Козырь

Нормоконтроль
Старший преподаватель СиТРК



М.А. Аревков

Рецензент



Р.А. Заборотных

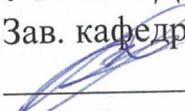
Благовещенск 2025

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 Калинина Тимофея Андреевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Модернизация площадки обслуживания двигательной установки на пусковом столе ракеты космического назначения Ангара А5;

(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: ПУСКОВОЙ СТОЛ 373ПУ08 Техническое описание (часть 1, часть 2);

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих к разработке вопросов): Провести анализ существующей конструкции и выявить недостатки, произвести расчет и проектирование дополнительных частей конструкции, провести экономическое обоснование эффективности проектируемых частей конструкции, провести оценку безопасности при работе на модернизированной площадке под ДУ;

5. Перечень материалов приложения: графическая часть;

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

7. Дата выдачи задания: 20.01.2025

Руководитель выпускного квалификационного проекта: Плутенко Андрей

Долиевич, профессор, доктор техн. наук.

Задание принял к исполнению (дата): 20.01.2025



РЕФЕРАТ

Настоящая дипломная работа содержит 75 страниц, 37 рисунков, 3 таблицы, 7 источников.

ПЛОЩАДКА ОБСЛУЖИВАНИЯ, ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА, МОДЕРНИЗАЦИЯ, КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ КОНСТРУКЦИЯ

Целью работы является «Обеспечение надежности и прочности площадки под ДУ, с целью обеспечения безопасности и увеличения работоспособности».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующей конструкции и выявить недостатки;
2. Расчет и проектирование дополнительных частей конструкции;
3. Экономическое обоснование эффективности проектируемых частей конструкции;
4. Оценка безопасности при работе на модернизированной площадке под ДУ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Теоретическая часть	10
1.1 Устройство и работа пускового стола	10
1.1.1 Пусковой стол («агрегат»)	10
1.1.2 Комплект средств обслуживания ДУ	12
1.2 Площадка под ДУ	12
1.2.1 Устройство и работа площадки под ДУ	12
1.3 Недочеты в конструкции площадки обслуживания ДУ	24
1.3.1 Расчеты на прочность площадки обслуживания ДУ	24
1.3.2 Недочеты в перемещении каретки	27
2 Разработка процесса модернизации площадки обслуживания ДУ ракеты «Ангара А5»	29
2.1 Выбор дополнительного крепления для площадки под ДУ	29
2.1.1 Принцип действия и виды винтовых талрепов	29
2.1.2 Стандарты, нагрузки и размеры талрепов	29
2.1.3 Выбор материала талрепа	31
2.1.4 Вантовые крепления (цепные натяжители)	31
2.1.5 Стяжное устройство храпового типа	32
2.1.6 Выбор талрепа и его проектирования	32
2.2 Расчёт резьбовых соединений для крепления кольца для талрепа	35
2.3 Подбор хомута для зажима крепления к трубе для талрепа	37
2.4 Подбор крепежа к трубе на площадке под ДУ	40
2.5 Выбор колес с тормозом для каретки площадки под ДУ	41
2.5.1 Типы колес по применению	41
2.5.2 Подвижность	43
2.5.3 Тип крепления	45
2.5.4 Маневренность: основные схемы крепления колес к тележке	47
2.5.5 Шинка	49

2.5.6	Материал шинки (контактного слоя)	50
3	Проработка технологических вопросов	57
3.1	Выбор тормоза для колеса коретки	57
3.2	Расчет прочности крепления болтами к стенке бункера	57
3.3	Расчет оси колесной пары каретки на прочность	58
3.4	Расчет жесткости и прочности площадки под ДУ	62
4	Обеспечение безопасности жизнедеятельности при работе на площадке обслуживания ДУ	65
4.1	Общие требования при работе на площадке обслуживания ДУ	65
4.2	Требования безопасности перед началом работы	68
4.3	Требования безопасности во время работы	69
4.4	Требования безопасности по окончании работы	71
5	Оценка стоимости модернизированной площадки	72
5.1	Экономическая оценка	72
	Заключение	75
	Библиографический список	77

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ДУ – двигательные установки;

КА – космический аппарат;

ТУА – транспортно-установочный агрегат;

РКН – ракета космического назначения;

АВД – аппарат высокого давления;

ПС – пусковой стол.

ВВЕДЕНИЕ

Современные космические технологии требуют постоянного совершенствования и модернизации инфраструктуры, обеспечивающей надежный запуск и эксплуатацию ракетных систем. В этом контексте особое внимание уделяется площадкам обслуживания двигательных установок, которые играют ключевую роль в подготовке ракет к пуску. Дипломная работа посвящена модернизации площадки обслуживания двигательной установки на пусковом столе ракеты космического назначения Ангара А5.

Ракета Ангара А5 представляет собой многоцелевую ракетную систему, способную выводить на орбиту различные полезные нагрузки, включая спутники и межпланетные аппараты. Эффективность и безопасность ее запусков напрямую зависят от качества обслуживания двигательных установок, что обуславливает необходимость внедрения современных технологий и улучшения существующих процессов.

Целью данной работы является «Обеспечение надежности и прочности площадки под ДУ, с целью обеспечения безопасности и увеличения работоспособности». Анализ текущего состояния площадки обслуживания, выявление узких мест и разработка предложений по ее модернизации с учетом современных требований к безопасности, экологии и технологической эффективности. В ходе исследования будут рассмотрены существующие методы обслуживания двигательных установок, а также передовые практики, применяемые в мировой практике.

Актуальность темы определяется не только растущими требованиями к надежности космических запусков, но и необходимостью повышения конкурентоспособности отечественной ракетно-космической отрасли. Модернизация площадки обслуживания позволит оптимизировать процессы подготовки ракеты к запуску, снизить время простоя и повысить общую эффективность работы пускового комплекса.

В работе будут использованы методы теоретического анализа, моделирования и проектирования, что позволит получить комплексное представление о необходимых изменениях и их потенциальном влиянии на эффективность функционирования площадки обслуживания.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Устройство и работа пускового стола

1.1.1 Пусковой стол («Агрегат»)

Агрегат предназначен для установки на него РКН «Ангара-А5» и РКН «Ангара-А5П» (далее по тексту «РКН»), отвода газов ДУ от РКН и обеспечения допустимых уровней газодинамических нагрузок на РКН при пуске, для размещения, защиты и обслуживания устройств автоматической стыковки наземных коммуникаций, а также обслуживания двигательных установок РКН после АВД.

Агрегат обеспечивает:

- Центрирование РКН при её установке на свои опоры;
- Допустимые уровни газодинамических нагрузок при пуске РКН;
- Защиту бетонного стартового сооружения от газодинамического воздействия ДУ РКН;
- Передачу нагрузок от веса РКН и собственной металлоконструкции на стартовое сооружение;
- Доступ эксплуатирующего персонала к зонам обслуживания ХО I и II ступени РКН при подготовке пуска и после отмены пуска (в т.ч. АВД).

Агрегат обеспечивает возможность проведения следующих операций:

- Подвод (отвод), регулировку и обслуживание стыковочных устройств (СУ) КААСК;
- Подачу воды от СПВ 373ТН02 в газовые струи ДУ РКН при пуске;
- Укладку на ТУА и эвакуацию РКН после отмены пуска;
- Подготовку размещенного на нём оборудования смежных систем к повторному приему и пуску РКН.

Агрегат работоспособен при следующих климатических условиях:

- Температуре окружающего воздуха от минус 40 до плюс 40 °С;
- Относительной влажности воздуха до 98 % при температуре плюс 20°С;

- Диапазоне изменения атмосферного давления от 93,3 до 104 кПа (от 700 до 780 мм рт.ст.);

- Атмосферных выпадаемых осадках (дождь, снег, туман, град);

- Пыли;

- Скорости ветра с 10-минутным осреднением на высоте 10 м от поверхности земли:

1) До 15 м/с - при проведении подготовки к работе с РКН, при установке РКН на агрегат и снятии с него;

2) До 18 м/с - при стоянке РКН на агрегате с ветровым удержанием транспортно-установочным агрегатом (ТУА);

3) До 15 м/с - при стоянке РКН на агрегате с ветровым удержанием кабель заправочным агрегатом (КЗБ);

4) До 12 м/с - при стоянке заправленной РКН на агрегате без удержания КЗБ и проведения пуска РКН.

Конструкция агрегата выдерживает газодинамическое воздействие при пуске и сходе РКН и обеспечивает защиту оборудования, размещаемого в его помещениях.

Оборудование агрегата, устанавливаемое внутри сооружений, работоспособно при изменении температуры окружающей среды от плюс 5 до плюс 35 °С и относительной влажности воздуха до 80 % при температуре плюс 20°С.

Составные части агрегата устойчивы к низкотемпературному воздействию со стороны РКН при заправке ее криогенными компонентами топлива.

В состав агрегата входят:

- Рама;

- Пневмооборудование;

- Электрооборудование;

- Комплект принадлежностей под датчики;

- Комплект облицовки газоотражателя;

- Комплект закладных частей;
- Комплект монтажных частей;
- Комплект перекрытий;
- Комплект средств обслуживания ДУ;
- Комплект запасных частей, инструмента и принадлежностей.

1.1.2 Комплект средств обслуживания ДУ

Комплект средств обслуживания предназначен для обеспечения возможности доступа и проведения работ на агрегате, РКН и системах, размещенных на агрегате.

В состав комплекта входят:

- Площадка;
- Комплект ограждений;
- Комплект грузов.

1.2 Площадка под ДУ

1.2.1 Устройство и работа площадки под ДУ

Площадки предназначены для обеспечения доступа обслуживающего персонала к следующим зонам обслуживания (наружным и внутри сопла) ДУ РКН при АВД:

- Люку обслуживания штуцеров СГА1, СГА2;
- Штуцеру СЛС1;
- Штуцеру СЛС2;
- Штуцеру ПВТ (внутри сопла).

Агрегат укомплектован пятью площадками (по числу двигательных установок). Четыре площадки размещены в угловых секциях, пятая площадка размещена в пилоне.

Кроме того, с площадок, размещенных в угловых секциях и производят работы по прокладке и закреплению на стенках рамы кабеля ЭС КП при подготовке к пуску, а также послепусковые работы по приведению агрегата в исходное положение.

Каждая площадка закреплена стационарно на крышке пилона (секции) десятью болтами из комплекта монтажных частей площадки. Крышка вместе с закрепленной на ней площадкой, при необходимости использования площадки, откидывается (опускается) с помощью двух пневмоцилиндров пневмооборудования, соединенных с крышкой рычажным механизмом.

Габаритные размеры, мм:

- Длина – 2182;
- Ширина – 694;
- Высота – 1616;
- Масса, кг – 530.

Площадка представляет собой раму, по которой на роликах перемещается каретка с установленной на оси поворотной площадкой. Каретку перемещают по раме вручную за выдвижные ограждения, установленные на каретке на стационарных ограждениях. Два упора, закрепленные на раме с двух сторон, ограничивают перемещение каретки в крайних положениях.

Рама представляет собой сварную конструкцию из двух продольных и четырех поперечных балок швеллерного сечения с приваренными деталями (полосами, косынками и др.) для крепления и установки других элементов площадки. Рама стационарно, десятью болтами, закреплена на крышке обслуживания ДУ пилона (секции).

Каретка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из двух продольных и двух поперечных балок швеллерного сечения с настилом, стационарными ограждениями и приваренными деталями (листами, платиками, стаканом и др.) для крепления составных частей площадки.

Каретка перемещается на четырех роликах по продольным балкам рамы в пазах, образованных приваренными к каждой балке полосами. Каждый ролик установлен в подшипнике на оси, вставленной во втулку кронштейна. Кронштейн закреплен на продольной балке каретки четырьмя болтами. Для предотвращения поперечных перемещений на каретке установлены четыре ролика. Каждый ролик установлен в вилке на оси в двух втулках. Ось

удерживается от выпадения шайбой и шплинтом. Вилка установлена во втулке кронштейна. Минимальный расчетный зазор (0,5-1) мм между роликом и контактной поверхностью продольной балки рамы обеспечивается перемещением вилки во втулке с помощью оси. После установки необходимого зазора ось стопорится гайкой, а вилка - болтом, предотвращающим её поворот.

Каретка имеет два рабочих положения: «ПОЛОЖЕНИЕ I», «ПОЛОЖЕНИЕ II» и исходное положение (положение хранения). «ПОЛОЖЕНИЕ I» - каретка перемещена к наружному торцу рамы для обслуживания наружных зон сопла ДУ. «ПОЛОЖЕНИЕ II» - каретка перемещена от внутреннего торца рамы (исходное положение) в промежуточное положение для обслуживания внутренних зон ДУ при АВД. В исходном положении (положении хранения) каретка перемещена к внутреннему торцу рамы. Установку каретки в каждом рабочем положении определяют по совмещению планки красного цвета, закрепленной на каретке, с рисками Ш или Щ на табличках рамы. Фиксацию каретки в каждом из трех положений выполняют винтом, ввинчиваемым с помощью воротка во втулку каретки до полного вхождения через направляющую втулку в паз У, Ф или Ц рамы.

Стационарные ограждения каретки закреплены болтами на платиках. На каждом из этих ограждений закреплено по одному выдвижному ограждению (поручню). Выдвижное ограждение представляет собой сварной, из труб, поручень, верхняя горизонтальная труба которого вставлена через текстолитовую втулку во втулку стационарного ограждения. Нижняя горизонтальная труба выдвижного ограждения вставлена в бобышку стационарного ограждения и зафиксирована винтом с воротком. Выдвижные ограждения имеют два фиксированных положения: убраны и выдвинуты. Далее по тексту выдвижное ограждение именуется поручнем.

Поворотная площадка представляет собой сварную раму с настилом, стационарным ограждением 69, откидными ограждениями. Рама выполнена из балок швеллерного сечения, закрытых листами. Площадка поворачивается на

оси, установленной на шпонке в стакане каретки и в упорном шариковом подшипнике и двух радиальных роликовых подшипниках во втулке площадки. Подшипники во втулке площадки поджаты втулками и удерживаются крышкой с сальниковым уплотнением. От продольных перемещений на оси снизу и сверху закреплены крышки. Полный поворот площадки на 360° осуществляется с помощью зубчатой передачи с ручным карданным приводом.

Зубчатая передача состоит из шестерни и зубчатого колеса, насаженных на шпонках и соответственно на валу и оси. Сверху зубчатое колесо и шестерня защищены кожухом, который закреплен четырьмя болтами на листе площадки. Вал с втулкой поворачиваются на двух подшипниках, поджатых во втулке площадки втулками и крышкой. Гайка предохраняет шестерню от продольных перемещений. Вал полумуфтами (карданное соединение) соединен с валом, приводимым во вращение спицей с ручками. Спица насажена на квадратный хвостовик вала и закреплена гайкой. Во избежание несанкционированного поворота площадки кронштейн фиксируется с помощью винта в одном из пазов кронштейна, закрепленного болта ми на платиках стационарного ограждения поворотной площадки.

Все ограждения поворотной площадки сварены из труб. На стационарном ограждении площадки установлено откидное ограждение и перемычка (со стороны захода с каретки на площадку). На ограждении установлены ограждения, а на ограждении - ограждение.

Ограждение ушами установлено на двух осях в проушинах стационарного ограждения площадки.

В нерабочем положении ограждение опущено. Упор, закрепленный пальцем на вертикальной стойке стационарного ограждения и находящийся в контакте с упором, удерживает ограждение в таком положении. Кронштейн, приваренный к верхней трубе стационарного ограждения, служит также дополнительной опорой для ограждения в нерабочем положении.

Для приведения в рабочее положение ограждение 8 переводят в вертикальное положение, поворачивая на осях до захода упора в паз

кронштейна. Затем ввинчивают винт в планку и упор до захода конца винта на верхнюю плоскость кронштейна. Таким образом производится фиксирование ограждения в рабочем (вертикальном) положении.

На ограждении на двух осях установлено ограждение, представляющее собой поручень в форме рамки. В нерабочем положении ограждение зафиксировано винтом с воротком. Для приведения в рабочее положение освобождают ограждение от фиксирования винтом, поворачивают на осях и фиксируют двумя винтами. Винты должны быть ввинчены во втулки до упора. Площадка представляет собой раму, по которой на роликах перемещается каретка с установленной на оси поворотной площадкой. Каретку перемещают по раме вручную за выдвижные ограждения, установленные на каретке на стационарных ограждениях. Два упора, закрепленные на раме с двух сторон, ограничивают перемещение каретки в крайних положениях.

Рама представляет собой сварную конструкцию из двух продольных и четырех поперечных балок швеллерного сечения с приваренными деталями (полосами, косынками и др.) для крепления и установки других элементов площадки. Рама стационарно, десятью болтами, закреплена на крышке обслуживания ДУ пилона (секции).

Каретка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из двух продольных и двух поперечных балок швеллерного сечения с настилом, стационарными ограждениями и приваренными деталями (листами, планками, стаканом и др.) для крепления составных частей площадки.

Каретка перемещается на четырех роликах по продольным балкам рамы в пазах, образованных приваренными к каждой балке полосами. Каждый ролик установлен в подшипнике на оси, вставленной во втулку кронштейна. Кронштейн закреплен на продольной балке каретки четырьмя болтами. Для предотвращения поперечных перемещений на каретке установлены четыре ролика. Каждый ролик установлен в вилке на оси в двух втулках. Ось удерживается от выпадения шайбой и шплинтом. Вилка установлена во втулке кронштейна. Минимальный расчетный зазор (0,5-1) мм между роликом и

контактной поверхностью продольной балки рамы обеспечивается перемещением вилки во втулке с помощью оси. После установки необходимого зазора ось стопорится гайкой, а вилка - болтом, предотвращающим её поворот.

Каретка имеет два рабочих положения: «ПОЛОЖЕНИЕ I», «ПОЛОЖЕНИЕ II» и исходное положение (положение хранения). «ПОЛОЖЕНИЕ I» - каретка перемещена к наружному торцу рамы для обслуживания наружных зон сопла ДУ. «ПОЛОЖЕНИЕ II» - каретка перемещена от внутреннего торца рамы (исходное положение) в промежуточное положение для обслуживания внутренних зон ДУ при АВД. В исходном положении (положении хранения) каретка перемещена к внутреннему торцу рамы. Установку каретки в каждом рабочем положении определяют по совмещению планки красного цвета, закрепленной на каретке, с рисками Ш или Щ на табличках рамы. Фиксацию каретки в каждом из трех положений выполняют винтом, ввинчиваемым с помощью воротка во втулку каретки до полного вхождения через направляющую втулку в паз У, Ф или Ц рамы.

Стационарные ограждения каретки закреплены болтами на платиках. На каждом из этих ограждений закреплено по одному выдвигному ограждению (поручню). Выдвигное ограждение представляет собой сварной, из труб, поручень, верхняя горизонтальная труба которого вставлена через текстолитовую втулку во втулку стационарного ограждения. Нижняя горизонтальная труба выдвигного ограждения вставлена в бобышку стационарного ограждения и зафиксирована винтом с воротком. Выдвигные ограждения имеют два фиксированных положения: убраны и выдвинуты. Далее по тексту выдвигное ограждение именуется поручнем.

Все ограждения поворотной площадки сварены из труб. На стационарном ограждении площадки установлено откидное ограждение и перемычка (со стороны захода с каретки на площадку). На ограждении установлены ограждения, а на ограждении - ограждение.

Ограждение ушами установлено на двух осях в проушинах стационарного ограждения площадки.

В нерабочем положении ограждение опущено. Упор, закрепленный пальцем на вертикальной стойке стационарного ограждения и находящийся в контакте с упором, удерживает ограждение в таком положении. Кронштейн, приваренный к верхней трубе стационарного ограждения, служит также дополнительной опорой для ограждения в нерабочем положении.

Для приведения в рабочее положение ограждение 8 переводят в вертикальное положение, поворачивая на осях до захода упора в паз кронштейна. Затем ввинчивают винт в планку и упор до захода конца винта на верхнюю плоскость кронштейна. Таким образом производится фиксирование ограждения в рабочем (вертикальном) положении.

На ограждении на двух осях установлено ограждение, представляющее собой поручень в форме рамки. В нерабочем положении ограждение зафиксировано винтом с воротком. Для приведения в рабочее положение освобождают ограждение от фиксирования винтом, поворачивают на осях и фиксируют двумя винтами. Винты должны быть ввинчены во втулки до упора.

Ограждение пластинами установлено в проушинах ограждения на двух пальцах. Фиксация ограждения производится с помощью двух винтов с гайками. Винты установлены в пазах пластин откидного ограждения. В нерабочем положении ограждение опущено и зафиксировано гайками 39 в нижних пазах проушин. Для приведения ограждения в рабочее положение ослабляют гайки, перемещают винты по пазам пластин ограждения до выхода винтов из нижних пазов проушин, поворачивают ограждение вверх на пальцах до совмещения осей пазов пластин и боковых пазов проушин, затем заводят винты в боковые пазы проушин и фиксируют гайками.

Ограждение пластинами установлено в проушинах ограждения на двух пальцах. Фиксация ограждения производится с помощью двух винтов с гайками. Винты установлены в пазах пластин откидного ограждения. В нерабочем положении ограждение опущено и зафиксировано гайками 39 в

нижних пазах проушин. Для приведения ограждения в рабочее положение ослабляют гайки, перемещают винты по пазам пластин ограждения до выхода винтов из нижних пазов проушин, поворачивают ограждение вверх на пальцах до совмещения осей пазов пластин и боковых пазов проушин, затем заводят винты в боковые пазы проушин и фиксируют гайками.

На ограждении в кронштейнах установлено на осях ограждение.

Крепление ограждения аналогично креплению ограждения: винтом с гайкой.

Ограждения и используют только при обслуживании зон ДУ, расположенных внутри сопла.

Площадка представляет собой раму, по которой на роликах перемещается каретка с установленной на оси поворотной площадкой. Каретку перемещают по раме вручную за выдвижные ограждения, установленные на каретке на стационарных ограждениях. Два упора, закрепленные на раме с двух сторон, ограничивают перемещение каретки в край них положениях.

Рама представляет собой сварную конструкцию из двух продольных и четырех поперечных балок швеллерного сечения с приваренными деталями (полосами, косынками и др.) для крепления и установки других элементов площадки. Рама стационарно, десятью болтами, закреплена на крышке обслуживания ДУ пилона (секции).

Каретка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из двух продольных и двух поперечных балок швеллерного сечения с настилом, стационарными ограждениями и приваренными деталями (листами, платиками, стаканом и др.) для крепления составных частей площадки.

Каретка перемещается на четырех роликах по продольным балкам рамы в пазах, образованных приваренными к каждой балке полосами. Каждый ролик установлен в подшипнике на оси, вставленной во втулку кронштейна. Кронштейн закреплен на продольной балке каретки четырьмя болтами. Для предотвращения поперечных перемещений на каретке установлены четыре ролика. Каждый ролик установлен в вилке на оси в двух втулках. Ось

удерживается от выпадения шайбой и шплинтом. Вилка установлена во втулке кронштейна. Минимальный расчетный зазор (0,5-1) мм между роликом и контактной поверхностью продольной балки рамы обеспечивается перемещением вилки во втулке с помощью оси. После установки необходимого зазора ось стопорится гайкой, а вилка - болтом, предотвращающим её поворот.

Каретка имеет два рабочих положения: «ПОЛОЖЕНИЕ I», «ПОЛОЖЕНИЕ II» и исходное положение (положение хранения). «ПОЛОЖЕНИЕ I» - каретка перемещена к наружному торцу рамы для обслуживания наружных зон сопла ДУ. «ПОЛОЖЕНИЕ II» - каретка перемещена от внутреннего торца рамы (исходное положение) в промежуточное положение для обслуживания внутренних зон ДУ при АВД. В исходном положении (положении хранения) каретка перемещена к внутреннему торцу рамы. Установку каретки в каждом рабочем положении определяют по совмещению планки красного цвета, закрепленной на каретке, с рисками Ш или Щ на табличках рамы. Фиксацию каретки в каждом из трех положений выполняют винтом, ввинчиваемым с помощью воротка во втулку каретки до полного вхождения через направляющую втулку в паз У, Ф или Ц рамы.

Стационарные ограждения каретки закреплены болтами на платиках. На каждом из этих ограждений закреплено по одному выдвижному ограждению (поручню). Выдвижное ограждение представляет собой сварной, из труб, поручень, верхняя горизонтальная труба которого вставлена через текстолитовую втулку во втулку стационарного ограждения. Нижняя горизонтальная труба выдвижного ограждения вставлена в бобышку стационарного ограждения и зафиксирована винтом с воротком. Выдвижные ограждения имеют два фиксированных положения: убраны и выдвинуты. Далее по тексту выдвижное ограждение именуется поручнем.

Поворотная площадка представляет собой сварную раму с настилом, стационарным ограждением 69, откидными ограждениями. Рама выполнена из балок швеллерного сечения, закрытых листами. Площадка поворачивается на

оси, установленной на шпонке в стакане каретки и в упорном шариковом подшипнике и двух радиальных роликовых подшипниках во втулке площадки. Подшипники во втулке площадки поджаты втулками и удерживаются крышкой с сальниковым уплотнением. От продольных перемещений на оси снизу и сверху закреплены крышки. Полный поворот площадки на 360° осуществляется с помощью зубчатой передачи с ручным карданным приводом.

Зубчатая передача состоит из шестерни и зубчатого колеса, насаженных на шпонках и соответственно на валу и оси. Сверху зубчатое колесо и шестерня защищены кожухом, который закреплен четырьмя болтами на листе площадки. Вал с втулкой поворачиваются на двух подшипниках, поджатых во втулке площадки втулками и крышкой. Гайка предохраняет шестерню от продольных перемещений. Вал полумуфтами (карданное соединение) соединен с валом, приводимым во вращение спицей с ручками. Спица насажена на квадратный хвостовик вала и закреплена гайкой. Во избежание несанкционированного поворота площадки кронштейн фиксируется с помощью винта в одном из пазов кронштейна, закрепленного болта ми на платиках стационарного ограждения поворотной площадки.

Все ограждения поворотной площадки сварены из труб. На стационарном ограждении площадки установлено откидное ограждение и перемычка (со стороны захода с каретки на площадку). На ограждении установлены ограждения, а на ограждении - ограждение.

Ограждение ушами установлено на двух осях в проушинах стационарного ограждения площадки.

В нерабочем положении ограждение опущено. Упор, закрепленный пальцем на вертикальной стойке стационарного ограждения и находящийся в контакте с упором, удерживает ограждение в таком положении. Кронштейн, приваренный к верхней трубе стационарного ограждения, служит также дополнительной опорой для ограждения в нерабочем положении.

Для приведения в рабочее положение ограждение 8 переводят в вертикальное положение, поворачивая на осях до захода упора в паз

кронштейна. Затем ввинчивают винт в планку и упор до захода конца винта на верхнюю плоскость кронштейна. Таким образом производится фиксирование ограждения в рабочем (вертикальном) положении.

На ограждении на двух осях установлено ограждение, представляющее собой поручень в форме рамки. В нерабочем положении ограждение зафиксировано винтом с воротком. Для приведения в рабочее положение освобождают ограждение от фиксирования винтом, поворачивают на осях и фиксируют двумя винтами. Винты должны быть ввинчены во втулки до упора.

Ограждение пластинами установлено в проушинах ограждения на двух пальцах. Фиксация ограждения производится с помощью двух винтов с гайками. Винты установлены в пазах пластин откидного ограждения. В нерабочем положении ограждение опущено и зафиксировано гайками 39 в нижних пазах проушин. Для приведения ограждения в рабочее положение ослабляют гайки, перемещают винты по пазам пластин ограждения до выхода винтов из нижних пазов проушин, поворачивают ограждение вверх на пальцах до совмещения осей пазов пластин и боковых пазов проушин, затем заводят винты в боковые пазы проушин и фиксируют гайками.

На ограждении в кронштейнах установлено на осях ограждение.

Крепление ограждения аналогично креплению ограждения: винтом с гайкой.

Ограждения и используют только при обслуживании зон ДУ, расположенных внутри сопла.

Перемычка шарнирно на осях установлена, на вертикальных трубах стационарного ограждения и в промежуточном положении зафиксирована двумя винтами. Для обеспечения возможности захода обслуживающего персонала на площадку перемычку опускают, затем поднимают в верхнее положение и фиксируют винтами. При нахождении людей на поворотной площадке перемычка должна быть поднята и зафиксирована.

Площадки под ДУ постоянно находятся в положении хранения - внутри пилона (угловой секции). Перемычку устанавливают в промежуточное

положение, показанное на рисунке, и фиксируют на стационарном ограждении каретки двумя винтами, для предотвращения поперечных перемещений каретки.

При необходимости использования платформы площадки с помощью пневмооборудования опускают крышку пилона (угловой секции) с закрепленной на ней площадкой.

Для обеспечения доступа обслуживающего персонала к зонам, расположенным внутри сопла ДУ каретку за поручни перемещают до совмещения планки, окрашенной в красный цвет, с риской Щ на табличке с надписью ПОЛОЖЕНИЕ II и фиксируют каретку в этом положении винтом в отверстии Ф рамы.

Производят поворот площадки, вращая спицу ручками. В принятом положении площадки спицу фиксируют винтом в соответствующем отверстии кронштейна.

Затем последовательно поднимают ограждения.

Для обеспечения доступа обслуживающего персонала к зонам, расположенным снаружи сопла ДУ, каретку за поручни перемещают до совмещения планки с риской Ш на табличке с надписью ПОЛОЖЕНИЕ I и фиксируют каретку в этом положении винтом в отверстии У рамы. Затем последовательно поднимают ограждения.

Производят поворот каретки вокруг сопла ДУ, вращая спицу ручками, до совмещения оси поворота площадки с осью сопла. В этом положении фиксируют спицу винтом в соответствующем отверстии кронштейна.

При использовании площадки при прокладке кабелей ЭС КП каретку перемещают в «Положение II» на табличке.

Все подвижные элементы площадки (каретка, поворотная площадка, ограждения, перемычка, поручни) в любом из положений должны быть надежно зафиксированы.

1.3 Недочеты в конструкции площадки обслуживания ДУ

1.3.1 Расчеты на прочность площадки обслуживания ДУ

По данным предельный прогиб составляет

$$\frac{f}{l_H} = \frac{1}{200}. \quad (1)$$

значит, вычисление прогиба определяется по формуле:

$$l_H = 53,5 \cdot t \cdot \left(1 + \frac{100}{9,8 \cdot q_n}\right) = 100,38 \text{ см.} \quad (2)$$

Принимаем $l_H = 100 \text{ см.}$

Вычисляем цилиндрическую жёсткость $E_1 \cdot I$ по формулам:

$$E_1 = \frac{E}{1 - \mu^2}; \quad (3)$$

$$I = \frac{1 \cdot t^3}{12}; \quad (4)$$

$$E_1 \cdot I = \frac{2,06 \cdot 10^5}{1 - 0,3^2} \cdot 10^3 \cdot \frac{1 \cdot 1,4^3}{12} \cdot 10^{-8} = 0,518. \quad (5)$$

Прогиб и момент площадки при;

$$q_n = 30 \cdot 1,4 = 42 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Прогиб площадки от нормативной нагрузки:

$$f_0 = \frac{5 \cdot q_n \cdot l_H^4}{384 \cdot E_1 \cdot I} = 1,06 \text{ см.} \quad (6)$$

Изгибающий момент от расчётной нагрузки:

$$M_0 = \frac{\gamma_f \cdot q_n \cdot l_H^2}{8} = \frac{1,2 \cdot 42 \cdot 1^2}{8} = 6,3 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (7)$$

Из уравнения

$$\alpha \cdot (1 + \alpha)^2 = \frac{3 \cdot f_0^2}{t^2} = \frac{3 \cdot 1,06^2}{1,4^2} = 1,72. \quad (8)$$

Находим $\alpha = 1,72$

Изгибающий момент и прогиб с учетом распора:

$$M = \frac{M_0}{1 + \alpha} = \frac{6,3}{1 + 0,64} = 3,08 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (9)$$

$$f = \frac{f_0}{1 + \alpha} = \frac{1,06}{1 + 0,64} = 0,61 \text{ см.} \quad (10)$$

Относительный прогиб

$$\frac{f}{l_H} = \frac{0,61}{100} < \frac{1}{200}. \quad (11)$$

Распор:

$$H = \frac{\gamma_f \cdot \pi^2 \cdot E_1 \cdot I \cdot \alpha}{l_H^2} = \frac{1,2 \cdot 3,14^2 \cdot 0,518 \cdot 10^3 \cdot 0,64}{1^2} = 3922 \frac{H}{см}. \quad (12)$$

Напряжения в площадке:

$$\sigma = \frac{H}{A} + \frac{M}{W} = \frac{H}{1 \cdot t} + \frac{6 \cdot M}{1 \cdot t^2} = 294,56 \text{ МПа}. \quad (13)$$

294,56 МПа < 230 МПа.

Из расчета видно, что расчётное напряжение больше номинального. Это означает, что конструкция площадки под ДУ в собранном виде используется не совсем безопасно. При работе на данной площадке она закреплена только к каретке у самого основания, дополнительных креплений к стенкам бункера нет. Из-за габаритов конструкции при работе на ней, происходят колебания, тряска, что не безопасно при работе на ней. Работа на данной площадке производится длительное время, что снижает производительность. Так же из-за колебаний конструкции ее долговечность снижается, что в скоро времени приведет к ее замене.

Для улучшение надежности и жесткости, а так же долговечности и увеличения трудоспособности и производительности площадки под ДУ, нужно разработать дополнительные крепления, чтобы закрепить и усилить конструкцию площадки.

1.3.2 Недочеты в перемещении каретки

Перемещение каретки площадки под ДУ происходит только в двух положениях, закрепление колес каретки происходит с помощью завинчивания болтов в отверстия на двух положениях. Данный способ перемещения не совсем удобен при обслуживании ДУ, так как позволяет производить работу только в ограниченных положениях.

Решение данной проблемы позволит передвигать площадку так, как будет удобно при обслуживании ДУ. Что ускорит работу и повысится производительность.

Для решения данной проблемы нужно разработать и выбрать колеса для каретки со стояночным тормозом, который позволит фиксировать площадку в любых положениях при обслуживании ДУ.

Вывод по главе 1:

Модернизация площадки решит такие вопросы как:

- безопасность работников;
- эффективность и качество обслуживания ДУ.

Модернизированная площадка будет иметь более высокие технические характеристики, в связи с этим работа будет производиться быстрее и качество обслуживания улучшится.

2 РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА МОДЕРНИЗАЦИИ ПЛОЩАДКИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДУ РАКЕТЫ «АНГАРА А5»

2.1 Выбор дополнительного крепления для площадки под ДУ

Талреп – это устройство, используемое для натяжения и регулировки натяжения тросов, канатов или других соединительных элементов. Он часто применяется в строительстве, судостроении, а также в различных отраслях, связанных с подъемом и перемещением грузов.

Конструкция и принцип работы:

Талреп состоит из металлического корпуса с резьбовыми втулками на обоих концах, к которым крепятся тросы или канаты. Внутри корпуса находится механизм, позволяющий изменять длину устройства и, соответственно, натяжение соединительных элементов. Простота конструкции делает талреп удобным в использовании: его можно легко установить и отрегулировать без необходимости в специальном оборудовании.

Применение:

Талрепы широко используются в различных сферах:

1. Строительство: Для натяжения строительных лесов, поддержания конструкций и обеспечения устойчивости зданий;
2. Судостроение: Для крепления мачт и других элементов на судах;
3. Энергетика: В линиях электропередач для натяжения проводов;
4. Спорт: В спортивных снарядах и оборудовании, например, в парусном спорте.

2.1.1 Принцип работы и виды винтовых натяжителей



Рисунок 1 – Винтовой натяжитель

Принцип работы:

Винтовые натяжители, также известные как винтовые талрепы, работают на основе механического принципа, использующего резьбовую пару для регулировки натяжения. Основным элементом винтового натяжителя – это резьбовой стержень, который вращается для изменения длины устройства. Когда стержень вращается, он перемещает соединительные элементы (например, тросы или канаты) ближе друг к другу или дальше друг от друга, что позволяет точно настраивать натяжение.

Процесс работы можно описать следующим образом:

1. Вращение: При вращении ручки или другого элемента управления, резьбовой стержень перемещается вдоль своей оси;
2. Регулировка натяжения: Это движение приводит к изменению расстояния между креплениями на обоих концах натяжителя, что позволяет увеличивать или уменьшать натяжение соединительных элементов;
3. Фиксация: После достижения нужного уровня натяжения, винтовой натяжитель фиксируется, предотвращая случайное изменение настроек.

Виды винтовых натяжителей:

1. Односторонние винтовые натяжители: Имеют резьбу только с одной стороны и используются для простых приложений, где требуется регулировка с одного конца;
2. Двусторонние винтовые натяжители: Оснащены резьбой с обеих сторон и позволяют одновременно регулировать натяжение с двух концов. Это обеспечивает более равномерное распределение нагрузки и лучшую стабильность конструкции;
3. Регулируемые винтовые натяжители: Эти устройства имеют механизм, позволяющий быстро и легко изменять натяжение без необходимости полного отворачивания или поворота стержня;
4. Специальные винтовые натяжители: Разработаны для специфических условий эксплуатации, таких как высокие температуры, коррозионные среды

или повышенные нагрузки. Они могут включать дополнительные элементы защиты или усиления;

5. Автоматические винтовые натяжители: Оснащены механизмами автоматической регулировки, которые поддерживают заданное натяжение в зависимости от изменений нагрузки или других факторов.

2.1.2 Стандарты, нагрузки и размеры талрепов

Изготовление талрепов в России регламентируется ГОСТ 96.90, в Европе придерживаются стандартов «DIN 14.80» и «DIN 14.78», в США действует «ASTM F11.4505».

Натяжитель «DIN 14.78» – данный натяжитель с вилочными захватами изготавливаются из высокопрочной стали с запасом прочности не менее 4:1 и рассчитаны на более высокие статические и динамические нагрузки (до 10 тонн). Он одобрен для использования в системах высокого напряжения, например, при закреплении многотонных грузов при транспортировке, при строительстве подвесных мостов, для расширения тентов, палаток-шатров и организации больших антенных мачтовых систем.

Натяжитель «DIN 14.80» – он не предназначен для использования в качестве устройства общего назначения при выполнении работ, связанных с подъемом грузов. Он выдерживает высокие статические нагрузки, идеально поддерживает длину каната при натяжении и обеспечивает надежную фиксацию вертикальной конструкции. Его грузоподъемность колеблется от нескольких килограммов до 3 тонн. В повседневной жизни он используется, например, для натягивания бельевых веревок или шнурков для штор.

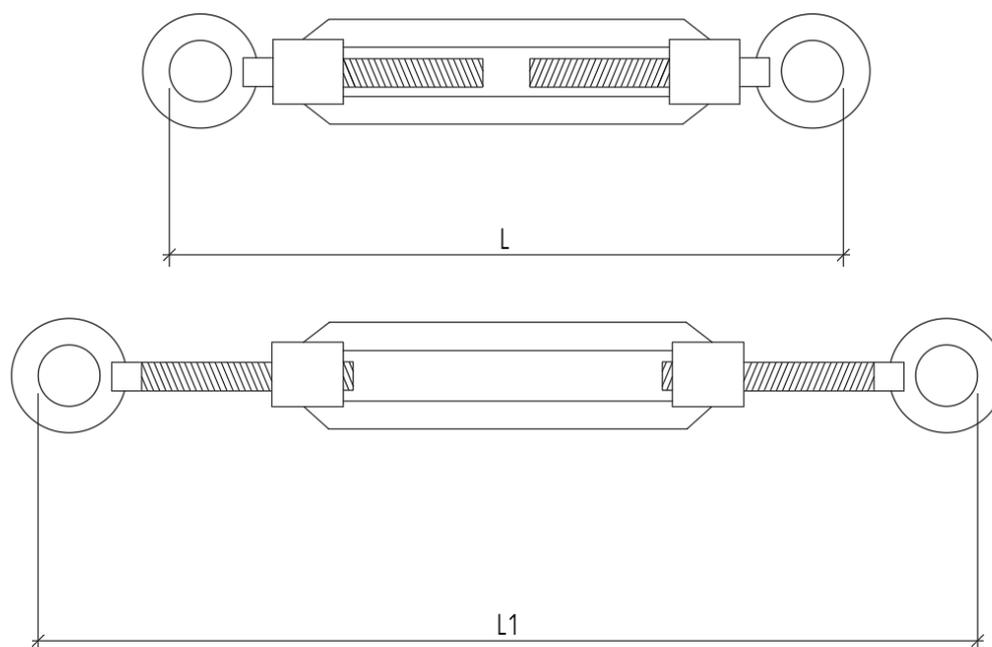


Рисунок 2 – Чертеж талрепа

Размер винтовой стяжки определяется по диаметру резьбы, которая имеет стандартные метрические характеристики и диаметр от М5 до М56. Самые популярные модели: талреп крюк-кольцо М8, М10, М12, М16 или кольцо-кольцо М8, М10, М12. Другой важный параметр изделия – это его длина при полном раскручивании ($L1$) и в свинченном состоянии (L), разница между ними ($L1-L$) – это линейная величина, в пределах которой можно регулировать натяжение канатной ветви.

2.1.3 Выбор материала

При выборе винтовой стяжки необходимо учитывать внешние условия, в которых она будет работать, и степень агрессивности этой среды. Для сухих помещений и временного использования на открытом воздухе достаточно приобрести оцинкованные натяжители тросов. Для постоянно использования на открытом воздухе, во влажном и холодном климате подходит закрытый поворотный стол из нержавеющей стали, изготовленный из стали А2, а также в особо тяжелых условиях (химические заводы, морские перевозки, горячие цеха, бассейны с хлорированной водой) благодаря кислотостойкости.

2.1.4 Цепные натяжители (винтовые крепления)

Цепные натяжители, также известные как винтовые крепления, представляют собой устройства, предназначенные для обеспечения стабильного натяжения цепей или тросов в различных механизмах и конструкциях. Они широко используются в строительстве, машиностроении и других отраслях, где необходима надежная фиксация и регулировка натяжения.

Принцип работы цепных натяжителей основан на использовании резьбового механизма, который позволяет изменять длину цепи или троса. Когда пользователь вращает ручку или специальный механизм, резьбовой стержень перемещает соединительные элементы, что приводит к увеличению или уменьшению натяжения. Это обеспечивает точную настройку и возможность быстрого реагирования на изменения нагрузки.

Преимущества цепных натяжителей:

1. **Высокая надежность:** Цепные натяжители обеспечивают устойчивое натяжение, что предотвращает ослабление соединений и потенциальные аварийные ситуации;
2. **Простота в использовании:** Винтовой механизм позволяет легко регулировать натяжение с минимальными усилиями, что делает их удобными для эксплуатации;
3. **Долговечность:** Изготовленные из высококачественных материалов, цепные натяжители обладают высокой стойкостью к коррозии и механическим повреждениям;
4. **Универсальность:** Подходят для различных приложений, включая натяжение грузовых цепей, тросов лифтов, а также в системах подвески и других конструкциях.

2.1.5 Стяжное устройство храпового типа



Рисунок 3 – Талреп со стяжным устройством

Этот цепной шнур состоит из храпового механизма с поворотным переключателем и двух вращающихся крючков, расположенных на противоположных концах устройства. Натяжение крепежной цепи обеспечивается за счет схождения крючка через рукоятку вращающегося механизма. К положительным характеристикам этого храповика можно отнести:

1. Простота монтажа устройства в крепежную систему;
2. Приложения минимальных физических усилий при работе;
3. Рычаг, не требующий дополнительной фиксации.

2.1.6 Выбор талрепа и его проектирования

Из перечисленных видов талрепа и их стяжных устройств, будет спроектирован свой талреп для крепления конструкции к основанию бункера.

Основой будет служить талреп М20 где болт СП16 класса 5.6, так как он выдерживает нагрузку 4т. Стяжное устройство будет храпового типа. Такое стяжное устройство требует минимальных физических усилий при работе,

рычаг не требующий дополнительной функции, а так же простота монтажа устройства в крепежную систему.

Перед проектирование талрепа определим его габаритные характеристики из приведенной таблицы ниже.

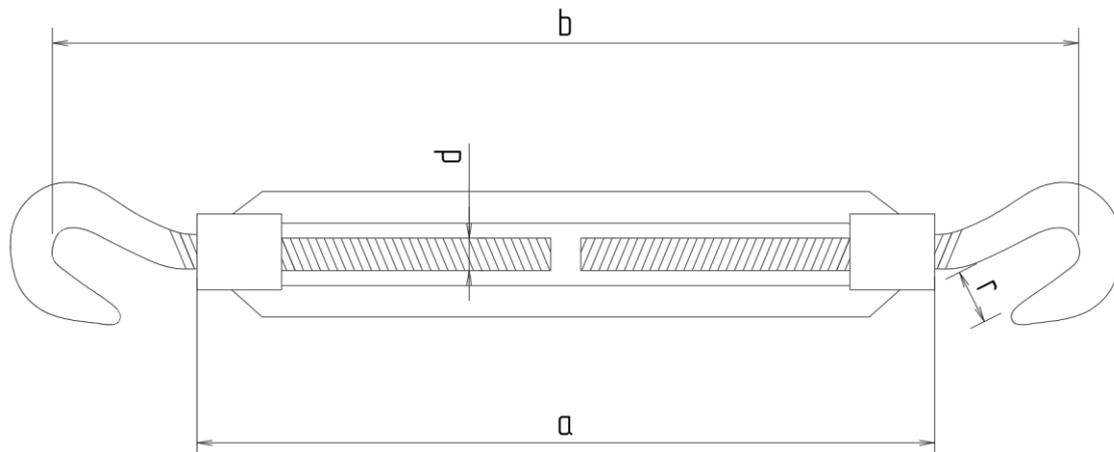


Рисунок 4 – Схема крюкового талрепа

Таблица 1 – Классификация крюкового талрепа

Диаметр резьбы d, мм	Длина корпуса a, мм	Min/Max длина b, мм	Ширина зева r, мм	Рабочая нагрузка, кг
M5	68	120/140	7	220
M6	85	127/158	8	310
M8	110	160/230	10	450
M10	126	175/267	10	600
M12	139	210/310	12	750
M14	170	240/360	16	950
M16	190	260/405	18	1100
M18	220	280/430	19,5	1300
M20	235	315/460	21	2000
M22	255	340/520	22	2200
M24	255	370/550	26	3000
M30	295	391/570	33	3500
M32	295	449/638	36	4000

Наш талреп M20 будет длиной корпуса 235мм, при максимальном раскручивании 460мм, а при максимальном закручивании 315мм. Ширина зева 21мм. Рабочая нагрузка 2000кг.

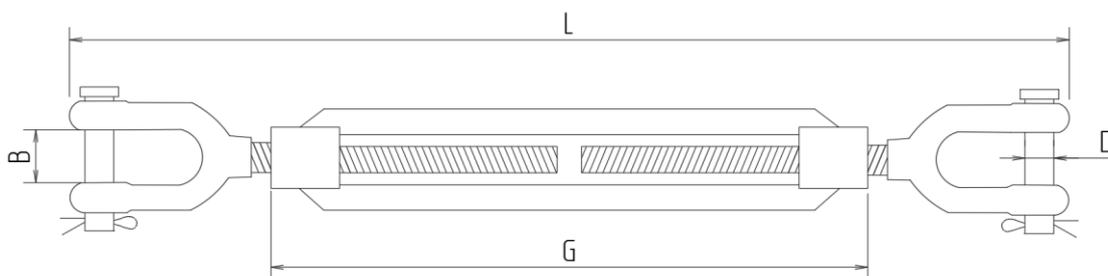


Рисунок 5 – Схема винтового талрепа

Таблица 2 – Классификация винтового талрепа

Размер резьбы, мм	Размер В, мм	Размер D, мм	Длина талрепа L (min/max), мм	Длина корпуса G, мм	Грузоподъемность, кг
M6	10	5	180/260	110	200
M8	10	6	190/265	110	400
M10	12	8	210/295	125	600
M12	19	10	240/320	125	900
M16	20	12	315/440	170	1300
M20	22	16	360/480	200	1700
M22	25	20	400/540	220	2200
M24	29	22	460/630	250	3900

Наш талреп M20 будет длиной корпуса 200мм, при максимальном раскручивании 480мм, а при максимальном закручивании 360мм. Размер В 22мм. Размер D 16мм. Рабочая нагрузка 1700кг.

Проектируемый вариант талрепа M20 представлен на рисунке ниже.

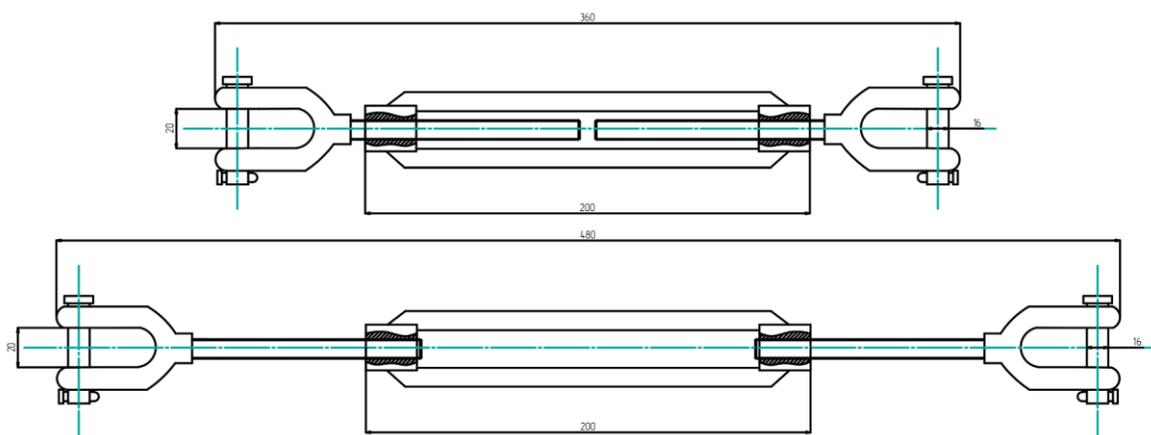


Рисунок 6 – Чертеж винтового талрепа

2.2 Расчёт резьбовых соединений для крепления кольца для талрепа

Крепление кольца к основанию бункера осуществляется посредством резьбовых (болтовых) соединений.



Рисунок 7 – Крепление к стене для талрепа

Болты в данном случае воспринимают перерезывающую силу F_6 от боковых перегрузок, а именно:

$$F_6 = F_x = 79461 \text{ Н.}$$

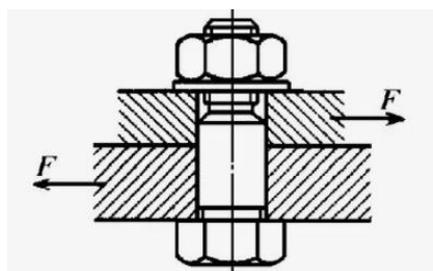


Рисунок 8 – Схема болтового соединения

Касательное напряжение среза:

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

где $[\sigma_B] = 580$ МПа – предел прочности при растяжении для Ст40.

Принимая число болтов, равное $N = 2$, рассчитаем минимальный диаметр болта:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4F_0}{\pi z N [\tau]}} = 6,03 \text{ мм}, \quad (17)$$

где $z = 1$ – число плоскостей среза.

В обеспечение запаса прочности выбираем болты М10.

Проектируемый вариант крепления для талрепа на стену бункера представлен на рисунке ниже.

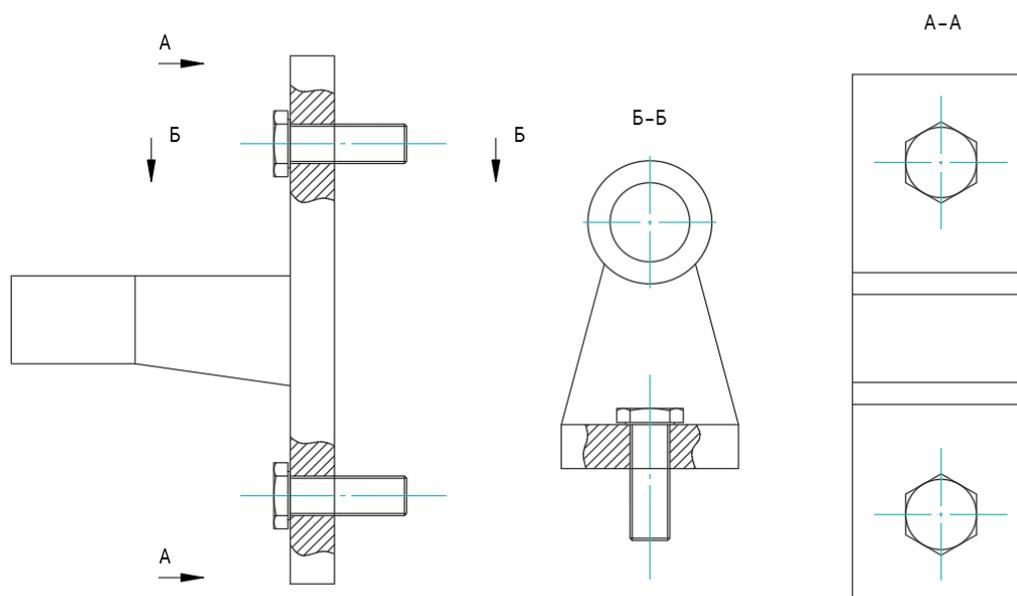


Рисунок 9 – Схема к стене крепления талрепа

2.3 Подбор ленточного хомута для зажима крепления к трубе для талрепа

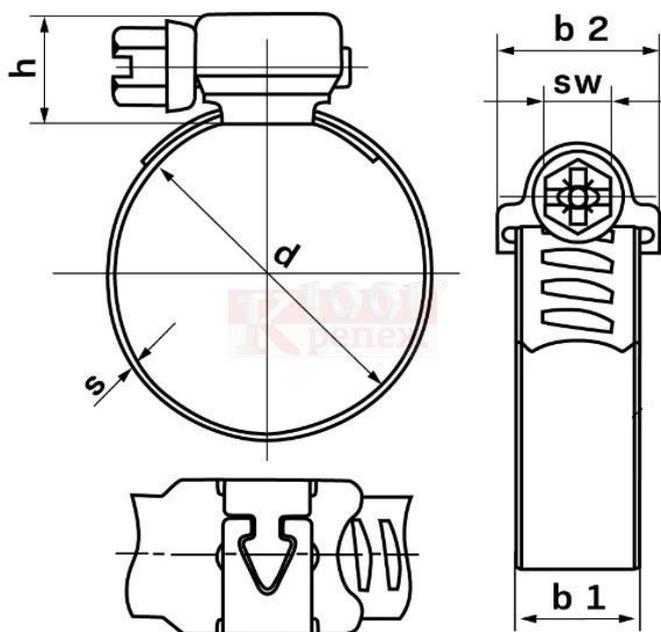


Рисунок 10 – Схема ленточного хомута

Ширина (b1), мм	Диаметр трубы (d), мм	Толщина (s), мм	Ширина корпуса (b2), мм	Высота корпуса (h), мм
9	8-12	0.4/0.8	14	14
	8-16			
	10-16			
	12-20			
	12-22			
	16-25			
	16-27	0.5/1		
	20-32			
	25-40			
	30-45			
	32-50			
	35-50			
	40-60			
	50-70			
	60-80			
	70-90			
80-100				
12	12-22	0.5/1	20	16
	16-25			
	16-27			
	20-32			
	25-40			
	30-45			
	32-50			
	35-50			
	40-60			
	50-70			
	60-80			
	70-90			
	90-110			
	100-120			
	110-130			
	120-140			
	130-150			
	140-160			
	150-170			
	160-180			
190-210				
240-260				

Рисунок 11 – Классификация ленточного хомута

Диаметр нашей трубы на площадке по обслуживанию ДУ, которая будет закрепляться к стенке бункера на талреп 40мм из этой характеристики последующие данные подберем из таблице выше.

Проектируемый вариант ленточного хомута представлен на рисунке ниже.

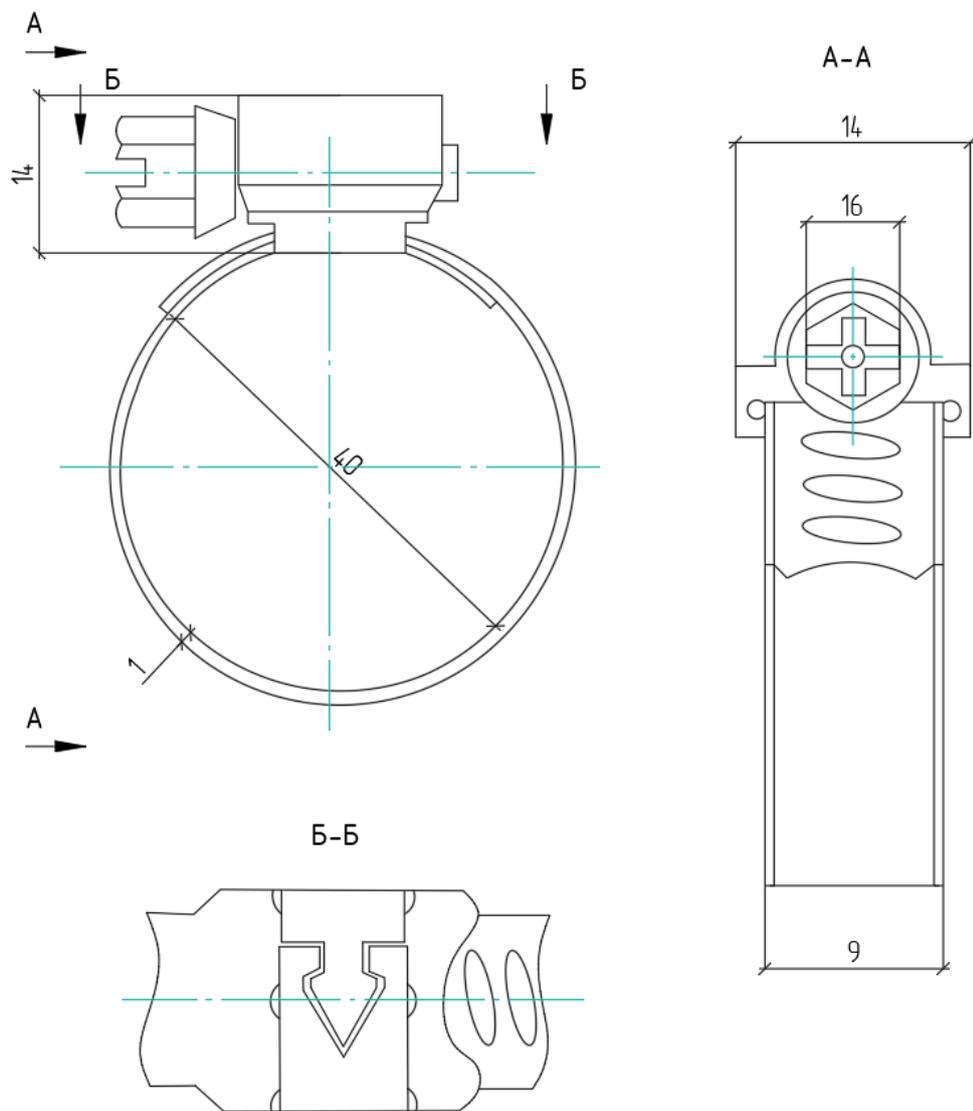


Рисунок 12 – Чертеж ленточного хомута

2.4 Подбор крепежа к трубе на площадке под ДУ

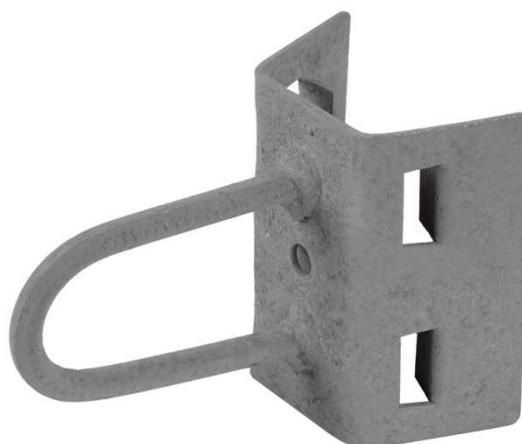


Рисунок 13 – Крепление к трубе для талрепа

Данное крепление должно быть под трубу 40мм, ухо для крепления талрепа должно быть прочно сварено с основанием. Крепление к трубе будет происходить на ленточные хомут, что позволит просто устанавливать данное крепление и выдерживать нужные нагрузки при эксплуатации площадки под ДУ.

2.5 Выбор колес со стояночным тормозом для каретки площадки под ДУ

2.5.1 Типы колес

2.5.1.1 Промышленные колеса



Рисунок 14 – Промышленное колесо с резиновой шиной

Промышленные колеса изготавливаются из высококачественных материалов, таких как резина, полиуретан или металл, что обеспечивает их долговечность и способность выдерживать значительные нагрузки. Это особенно важно в условиях интенсивной эксплуатации.

Колеса с резиновым или полиуретановым покрытием обладают отличными амортизационными свойствами, что позволяет уменьшить вибрации и шум при движении. Это создает комфортные условия для работы и защищает грузы от повреждений.

Существуют различные типы промышленных колес, включая поворотные, фиксированные и колеса с тормозами. Это позволяет адаптировать тележки под конкретные задачи и условия эксплуатации.

Грузоподъемность - до 230 кг. Значительно выше, чем у обычных колес.

Рекомендуемая скорость движения: до 4-6 км/ч.

2.5.1.2 Колеса аппаратные



Рисунок 15 – Колесо аппаратное

Они используются в помещениях, где очень важна уборка полов и бесшумная езда.

Подходит только для гладких полов: наливных, пробковых, линолеумных и т.д.

Допустимый перепад высот: до 3% от диаметра колеса.

Они предназначены для осторожной и спокойной езды со скоростью до 3-4 км/ч.

Максимальная нагрузка на колесо: обычно до 60-150 кг.

Области применения: тележки для покупок продуктов, медицинское и лабораторное оборудование, тележки для уборки, передвижные кронштейны и т.д.

2.5.1.3 Большегрузные колеса



Рисунок 16 – Большегрузное колесо

Используется для перемещения экстремальных грузов со скоростью до 6 км/ч.

Устойчив к ударам, подходит для использования на улице и в помещении.

Диски, как правило, чугунные; обычно с полиуретановыми или нейлоновыми шинами.

Грузоподъемность: одно колесо может достигать 1600 кг, двухколесное - 2400 кг.

Подходит для грузовых автомобилей, строительных вышек, складского оборудования и т.д.

2.5.2. Подвижность

2.5.2.1 Неповоротные колеса для тележек и тачек

Передвигаются вперед и назад. Изменить направление движения невозможно - вам придется поднимать машину и везти ее самостоятельно.

Способ установки: а) через кронштейн на кронштейн; б) непосредственно на ось (хрестоматийный пример - пневматические или бескамерные колеса для садовых одноколесных велосипедов).



Рисунок 17 – Неповоротные колеса

В многоколесных транспортных средствах невращающиеся колеса, также известные как неподвижные колеса, обычно используются в сочетании с вращающимися колесами. Это необходимо для большей управляемости, чтобы тележка не скользила в обе стороны.

2.5.2.2 Колеса поворотные

Они вращаются вокруг вала на подшипнике, что облегчает манипулирование ими. В большинстве погрузочных машин вращающиеся колеса соединены с неповоротными колесами. Но есть и исключения; например, в большинстве тележек для покупок вращаются все четыре колеса.

2.5.2.3 Колеса поворотные со стопором



Рисунок 18 – Тележка с колесами с тормозом

Педаля тормоза выполняет две функции. Первая - это торможение во время движения. Опуская педаль и останавливаясь, когда тележка останавливается, вы активируете функцию остановки. Это необходимо при

работе на наклонных поверхностях или в местах, где необходимо обеспечить устойчивость: на строительных лесах, башенных турах и т.д.

2.5.3 Тип крепления

2.5.3.1 Ось



Рисунок 19 – Промышленное колесо

Как в садовых и строительных одноколесных тележках. Колеса с таким способом крепления всегда неповоротные и мало подвижные.

2.5.3.2 Платформенное крепление колеса к тележке



Рисунок 20 – Платформа крепления

Платформа прикручивают к опоре тележки, используя четыре болта с гайками.

2.5.3.3 Крепление с цапфой



Рисунок 21 – Платформа крепления с цапфой

Колеса при такой установке всегда вращаются и используются в тележках для покупок и другом легком оборудовании. При выборе они проверяют диаметр и длину цапфы/болта, диаметр и положение поперечной канавки зажимного болта (который находится в некоторых цапфах).

2.5.3.4 Болтовое отверстие



Рисунок 21.1 – Платформа с болтовым креплением

Этот вариант не обеспечивает надежного геометрического соединения сопрягаемых деталей и подходит только для роликов из серой резины и других легких серий крепежных роликов. Если вы хотите купить вращающееся колесо для тележек этого типа, пожалуйста, обратите внимание на внешний диаметр опорной панели и диаметр ее центрального отверстия.

2.5.4 Основные схемы крепления колес



Рисунок 22 – Схема крепления

Фиксация колеса – 1 шт.

Ездят только прямолинейно; редкая смена направлений.

Применяются на строительных и садовых тележках.



Рисунок 23 – Схема крепления

Фиксация колеса – 2 шт.

Ездят только прямолинейно.

Применяются сумки-тележки, строительные тачки.

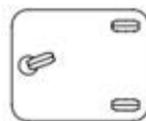


Рисунок 24 – Схема крепления

Фиксация колеса не поворотное – 2 шт., поворотное – 1 шт.

Ездят только прямолинейно.

Применяются тележки для баллонов, легкие грузовые телеги

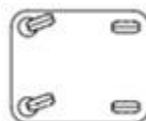


Рисунок 25 – Схема крепления

Фиксация колеса: фиксированные – 2 шт., поворотные – 2 шт.

Ездят только прямолинейно

Применяются платформенные тележки



Рисунок 26 – Схема крепления

Фиксация колеса: поворотные – 4 шт.

Ездят на короткие маршруты; частая смена направлений

Применяются покупательские и ресторанные тележки, тележки для гостиничного питания



Рисунок 27 – Схема крепления

Фиксация колеса: фиксированные – 4 шт.

Ездят на прямолинейные маршруты без смены направлений

Применяются производственные тележки на сборочных линиях



Рисунок 28 – Схема крепления

Фиксация колеса фиксированные – 2 шт., поворотные – 2 шт.

Ездят на маршруты с ручной или механической буксировкой

Применяются на складских погрузочных тележках



Рисунок 29 – Схема крепления

Фиксация колеса: фиксированные – 2 шт., поворотные – 4 шт.

Характер езды: маршруты с механической буксировкой

Применение: контейнерные и грузовые тележки, багажные тележки в аэропортах

2.5.5 Шинка



Рисунок 30 – Виды колес для тележки

Все дело в приложении. Большие пневматические колеса с воздушными подушками и отличной амортизацией очень хороши на асфальте и тротуарной плитке, особенно на бездорожье, где литой каток будет погружаться в грунт. В помещении с хрупким полом, если существует риск прокола пневматических колес, более уместно использовать литые шины или цельнолитые диски на ободьях.

2.5.6 Материал шинки

2.5.6.1 Колеса для тележки на стандартной черной резине



Рисунок 31 – Колесо для тележки на стандартной резине

Стандартный диаметр резиноколес варьируется от 75 до 250 мм. Они обладают малошумными характеристиками и имеют отличные свойства ударопоглощения и антивибрации. Эти колеса хорошо переносят воздействие влаги и большинства химических веществ, включая разбавленные кислоты, что делает их универсальными для использования. Резиновые колеса подходят для различных поверхностей, таких как асфальт и бетон, и их также можно применять на металлических плитах и решетках, что делает их идеальными для промышленных условий. Однако пневмоколеса и обрешиненные колеса с черной шинкой не следует использовать на линолеуме и наливных полах, поскольку при маневрировании или торможении они могут оставлять следы.

К недостаткам данных колес можно отнести среднюю грузоподъемность, которая составляет до 400 кг, снижение эластичности при низких температурах и ограниченный температурный диапазон, который колеблется от -20 до +60 градусов Цельсия.

2.5.6.2 Колеса для тележек на вспененной резине



Рисунок 32 – Колесо для тележки на вспененной резине

Стандартный диаметр колес составляет от 80 до 300 мм.

Эти колеса предназначены для больших нагрузок и оснащены шариковыми подшипниками. Обода могут быть выполнены из чугуна, полиамида или реже – алюминия. Шинка колес обеспечивает бесшумное движение и обладает высокой стойкостью к грубым покрытиям, а также к средне агрессивным и слабоактивным химическим веществам. Диапазон рабочих температур остается от -20 до +60 градусов цельсия.

2.5.6.3 Колеса для тележки на серой резине



Рисунок 33 – Колеса для тележки на серой резине

Стандартный диаметр: от 40 до 200 мм

В данном случае "серый" - это просто коммерческое название группы термоэластичных каучуков. Сам цвет может быть серым, синим или даже близким к черному.

Черная резина не оставляет пятен на полу. Линолеум или пробка, керамическая плитка или наливные полы - следов не останется. Нужно только учитывать, что грузоподъемность одного колеса тележки на серой резине редко превышает 100 кг. Другими словами, все это метизы.

2.5.6.4 Фенольные колеса для тележек



Рисунок 34 – Фенольное колесо для тележки

Диаметр от 80 до 380 мм.

Дешевое колесо из стекловолокна и фенопласта.

Преимущества: Грузоподъемность достигает 600кг, мягкое прилегание к полу и термостойкость. Верхний температурный предел составляет +280 градусов цельсия, и при таких условиях резиновые шины расплавляются.

Недостатки: литые колеса тележки из фенольной смолы не рекомендуются для работы на неровных поверхностях и частых наездах на препятствия.

Область применения: Грузовые автомобили, мусорные баки, печи.

2.5.6.5 Полиуретановые колеса для тележки



Рисунок 35 – Полиуретановые колеса для тележки

Колеса из полиуретана имеют стандартный диаметр от 80 до 350 мм и отличаются тихой работой и немаркостью, обеспечивая хорошую износостойкость на бетонных и стальных полах.

Эти колеса востребованы в гидравлических тележках (рохлях) и складской технике, применяемой как в помещениях, так и на улице. Они обладают высокой несущей способностью: стандартные колеса выдерживают до 240 кг, в то время как большегрузные могут нести нагрузки до 1,8 т. Однако у полиуретановых колес есть и недостатки.

Поскольку полиуретан наплавлен на обод, они подвержены повреждениям от горячей воды и пара. Рабочий температурный диапазон составляет -25°C до $+70^{\circ}\text{C}$, но при охлаждении до -15°C их пружинные свойства значительно ухудшаются, а сама шинка становится жестче.

2.5.6.6 Полиамидные колеса для тележки



Рисунок 36 – Полиамидное колесо для тележки

Стандартный диаметр: от 28 до 250 мм.

Эти колеса изготавливаются из белого полиамида и всегда являются монолитными. Преимущества: Простота в эксплуатации, отсутствие тормозных остатков и полная устойчивость к щелочам и кислотам. Износостойкость на высоком уровне – колеса изнашиваются очень медленно, даже если тележка время от времени стоит на неровном полу. Диапазон температур по умолчанию: -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$. Если полиамид армирован стекловолокном, термостойкость повышается до $+170^{\circ}\text{C}$.

Недостатками литых полиамидных колес являются шум и повышенная адгезия к уровню влажности при движении по твердым полам, в том числе изменение размера при длительном нахождении во влажной среде. Применение: Колеса для грузовых тележек, таких как склады, пищевые производства, легкая промышленность и т.д.

2.5.6.7 Чугунные колеса для тележки



Рисунок 37 – Чугунное колесо для тележки

Стандартный диаметр от 28 до 250 мм.

Чрезвычайно износостойкий и термостойкий (-70 до+500 градусов Цельсия), подходит для мини – пекарен, ротационных и кондитерских печей, морозильных камер. Максимальный вес превышает 1,8 тонны. Благодаря добавлению присадок к серому чугуно со слоистым и сферическим графитом, а также к финишным лакам антикоррозионные свойства очень высоки.

Недостатком является высокое удельно давление 350 н/мм².

Вывод по подбору колес для каретки площадки под ДУ: из вышеперечисленного, можно выбрать чугунные колеса, так как их минимальная и максимальная температура (-70°С... +500°С), что позволит обслуживать ДУ и в сильный мороз. Так же чугунные колеса выдерживают более 1,8 т, что позволит вести работы более безопасно и не бояться за обрушение конструкции. Крепления не поворотных колес к каретке будет 4. По четырем углам прикручивают к опоре тележки через плоскую платформу, используя четыре болта с гайками. На Колесах будет стояночный тормоз, данный тормоз будет расположен на всех четырех колесах для более жёсткой сцепки и предотвращения каких либо движений.

Вывод по главе 2:

В данной главе были выбраны дополнительные крепления, для улучшения конструкции и предотвращения разрушений и неустойчивости конструкции. А так же колеса для каретки, для улучшения передвижения и работы на площадке обслуживания.

3 ПРОРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ

3.1 Выбор тормоза для колеса коретки

Определим расчетный тормозной момент по формулам

$$T_{m.n} \geq T_{m.p} = K_m T_{cm}, \quad (18)$$

где K_m – коэффициент запаса торможения, $K_m=1.5$ при МЗ;

T_{cm} – статический вращающий момент при торможении груза.

$$T_{cm} = \frac{GD\eta}{2u_{mex}}, \quad (19)$$

где η – КПД механизма, $\eta=0,85$;

u_{mex} – полное передаточное число механизма, $u_{mex}=4$.

$$T_{cm} = 0,544 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$T_{m.p} = K_m T_{cm} = 0,816 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (20)$$

Расчетный тормозной момент, $T_{m.p} = 0,816 \text{ кН} \cdot \text{м}$, меньше номинального, $T_{m.n} = 0,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$ т.е. условие выполняется.

3.2 Расчет прочности крепления болтами к стенке бункера

Силу, воспринимаемую узлом крепления, определяем по формуле

$$F_0 = \frac{F_{\max}}{e^{f\alpha}}, \quad (21)$$

где $f=0,1$ – коэффициент соприкасающихся поверхностях, стены бункера и накладной планки;

$$\alpha=4\pi.$$

$$F_0 = \frac{17,007}{e^{0,14\pi}} = 1,232 \text{ кН}.$$

Силу затяжки болтов находим по формуле:

$$F_{\delta} = \frac{F_0}{2f} = \frac{1,232}{2 \cdot 0,1} = 6,161 \text{ кН}. \quad (22)$$

Предварительно приняв диаметр болта $d_{\delta} = 20$ мм (М10) и число болтов $z_{\delta} = 2$, находим суммарное напряжение, возникающее в болтах крепления, по формуле:

$$\sigma_{\text{сум}} = \frac{1,3F_{\delta}}{0,25z_{\delta}\pi d_{\delta}^2} + \frac{1,5F_0 d}{z_{\delta} 0,1 d_{\delta}^3} \leq [\sigma]_{\text{сум}}, \quad (23)$$

$$\sigma_{\text{сум}} = 17,92 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение для материала болта (сталь 35)

$$[\sigma]_{\text{сум}} = 0,6\sigma_t = 0,6 \cdot 140 = 192 \text{ МПа}.$$

Поскольку $\sigma_{\text{сум}} < [\sigma]_{\text{сум}}$, условие прочности выполняется.

3.3 Расчет оси колесной пары каретки на прочность

Нагрузка, приходящаяся на шейку оси колесной пары определяется по формуле:

$$P_{\delta} = \frac{G - n_0 \cdot G_0}{2 \cdot n_0} \cdot k_{\text{д}}, \quad (24)$$

где: n_0 – число осей;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент вертикальной динамики;

G_0 – вес колесной пары, (кгс);

G – статическая нагрузка.

Тогда, нагрузка, приходящаяся на шейку оси колесной пары будет равна:

$$P_{\sigma} = \frac{31201 - 4 \cdot 911}{2 \cdot 4} \cdot 1,15 = 3961,3 \text{ (кгс)}.$$

Максимальный изгибающий момент в вертикальной плоскости при $\alpha = 0,15$ м определяется по формуле:

$$M_{\text{ВМАКС}} = P_{\sigma} \cdot \alpha, \quad (25)$$

где P_{σ} – нагрузка, приходящаяся на шейку оси колесной пары, (кгс);

α – расстояние от середины шейки оси до середины круга катания колеса. Для каретки принимаем $\alpha = 150$ мм

Таким образом, максимальный изгибающий момент в вертикальной плоскости будет равен:

$$M_{\text{ВМАКС}} = 594,2 \text{ (кгс)}.$$

Расчет оси от действия боковых сил

Боковая сила, приходящаяся на ось, определится по формуле:

$$H_{\text{бо}} = \frac{H_{\sigma}}{n_0} \cdot \kappa_H = \frac{0,15 \cdot G}{n_0} \cdot \kappa_H, \quad (26)$$

где H_{σ} – суммарная боковая сила, действующая на каретку от центробежных и ветровых нагрузок, $H_{\sigma} = 0,15 \cdot G$ (кгс);

n_0 – число осей;

κ_H – коэффициент, учитывающий увеличение нагрузки на ось за счет трения между ребордой колеса и головкой рельса при вписывании вагона в кривую, в расчете принимается равным 1,2;

G – статическая нагрузка, (кгс).

Тогда, боковая сила, приходящаяся на ось составит:

$$H_{\text{бо}} = 1404 \text{ (кгс)}.$$

Максимальный изгибающий момент под опорой определяется по формуле:

$$M_{\text{ВМАКС2}} = P_{\text{он}} \cdot \alpha, \quad (27)$$

где $P_{\text{он}}$ – нагрузка на шейку оси от перераспределения веса при действии боковой силы, (кгс);

α – коэффициент, равный 0,10 для обрессоренных частей каретки и 0,15 для необрессоренных.

Тогда максимальный изгибающий момент под опорой составит:

$$M_{\text{ВМАКС2}} = 127,43 \text{ (кгс)}. \quad (28)$$

Изгибающий момент в том же сечении от боковой реакции рельса составит

$$M_{\text{УМАКС}} = H_{\text{бо}} \cdot \frac{D_{\kappa}}{2}, \quad (29)$$

где $H_{\text{бо}}$ – боковая сила, приходящаяся на ось, (кгс);

D_{κ} – диаметр колеса, (м).

Действующие напряжения при изгибе и кручении в соответствующих плоскостях определяются по формулам:

действующее напряжение при изгибе в вертикальной плоскости

$$\sigma_{\text{В}} = \frac{M_{\text{ВМАКС}}}{W}, \quad (30)$$

где: $M_{\text{ВМАКС}}$ – суммарный максимальный изгибающий момент в вертикальной плоскости,

W- момент сопротивления изгибу.

$$\sigma_B = \frac{130500}{206} = 633,5 \text{ (кгс / см}^2\text{)}.$$

действующее напряжение при изгибе в горизонтальной плоскости

$$\sigma_{\Gamma} = \frac{M_{\Gamma\text{МАКС}}}{W}, \quad (31)$$

где: $M_{\Gamma\text{МАКС}}$ - максимальный изгибающий момент в горизонтальной плоскости,

W- момент сопротивления изгибу.

$$\sigma_{\Gamma} = \frac{14600}{206} = 70,87 \text{ (кгс / см}^2\text{)}.$$

действующее напряжение при кручении

$$\tau_{\kappa} = \frac{M_{\kappa\text{МАКС}}}{W_{\kappa}}, \quad (32)$$

где: $M_{\kappa\text{МАКС}}$ - максимальный крутящий момент,

W- момент сопротивления изгибу.

$$\tau_{\kappa} = \frac{74600}{412} = 183,5 \text{ (кгс / см}^2\text{)}.$$

Эквивалентное напряжение в сечении составит:

$$\sigma_{\vartheta} = \sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_{\Gamma}^2 + 3 \cdot \tau_{\kappa}^2}, \quad (33)$$

где: σ_B – действующее напряжение при изгибе в горизонтальной плоскости,

σ_{Γ} – действующее напряжение при изгибе в горизонтальной плоскости,

τ_k - действующее напряжение при кручении .

$$\sigma_s = \sqrt{634^2 + 71^2 + 3 \cdot 184^2} = 713,13 \text{ (кгс/см}^2\text{)}.$$

Допускаемое напряжение для шейки оси колесной пары принимается равным 1000 (кгс/см²), для остальных сечений оси: 1200 (кгс/см²). Следовательно, полученное напряжение не превышает допустимых значений. Ось колёсной пары в опасном сечении проходит по условиям прочности по допускаемым напряжениям.

3.4 Расчет жесткости и прочности площадки под ДУ

По данным предельный прогиб составляет

$$\frac{f}{l_H} = \frac{1}{200}. \quad (34)$$

значит, вычисление прогиба определяется по формуле:

$$l_H = 53,5 \cdot t \cdot \left(1 + \frac{100}{9,8 \cdot q_n}\right) = 100,38 \text{ см}. \quad (35)$$

Принимаем $l_H = 100 \text{ см}$.

Вычисляем цилиндрическую жёсткость $E_1 \cdot I$ по формулам:

$$E_1 = \frac{E}{1 - \mu^2}; \quad (36)$$

$$I = \frac{1 \cdot t^3}{12}; \quad (37)$$

$$E_1 \cdot I = \frac{2,06 \cdot 10^5}{1 - 0,3^2} \cdot 10^3 \cdot \frac{1 \cdot 1,4^3}{12} \cdot 10^{-8} = 0,518. \quad (38)$$

Прогиб и момент площадки при;

$$q_n = 30 \cdot 1,4 = 42 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Прогиб площадки от нормативной нагрузки:

$$f_0 = \frac{5 \cdot q_n \cdot l_H^4}{384 \cdot E_1 \cdot I} = 1,06 \text{ см.} \quad (39)$$

Изгибающий момент от расчётной нагрузки:

$$M_0 = \frac{\gamma_f \cdot q_n \cdot l_H^2}{8} = \frac{1,2 \cdot 42 \cdot 1^2}{8} = 6,3 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (40)$$

Из уравнения

$$\alpha \cdot (1 + \alpha)^2 = \frac{3 \cdot f_0^2}{t^2} = \frac{3 \cdot 1,06^2}{1,4^2} = 1,72. \quad (41)$$

Находим $\alpha = 1,72$

Изгибающий момент и прогиб с учетом распора:

$$M = \frac{M_0}{1 + \alpha} = \frac{6,3}{1 + 0,64} = 3,08 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (42)$$

$$f = \frac{f_0}{1 + \alpha} = \frac{1,06}{1 + 0,64} = 0,61 \text{ см.} \quad (43)$$

Относительный прогиб

$$\frac{f}{l_H} = \frac{0,61}{100} < \frac{1}{200}. \quad (44)$$

Распор:

$$H = \frac{\gamma_f \cdot \pi^2 \cdot E_1 \cdot I \cdot \alpha}{l_H^2} = \frac{1,2 \cdot 3,14^2 \cdot 0,518 \cdot 10^3 \cdot 0,64}{1^2} = 3922 \frac{H}{см}. \quad (45)$$

Напряжения в площадке:

$$\sigma = \frac{H}{A} + \frac{M}{W} = \frac{H}{1 \cdot t} + \frac{6 \cdot M}{1 \cdot t^2} = 144,56 \text{ МПа}. \quad (46)$$

$$144,56 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа}.$$

Из расчета видно, что расчётное напряжение меньше номинального. Это означает, что площадка под двигательную установку ракеты «АНГАРА А5» выдерживает получаемую нагрузку с использованием дополнительных креплений. В следствие этого можно сделать вывод, что площадка под ДУ прочная, надежная и жесткая.

Вывод по главе 3:

В данной главе были посчитаны:

- тормоз для колеса каретки
- расчет прочности болтового соединения
- расчет оси колесной пары
- расчет жесткости и прочности конструкции

По данным расчетам можно сделать вывод, что данные крепления к конструкции полностью выдержат ее и данная площадка станет жесткой и надежной.

4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ПЛОЩАДКЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДУ

Введение:

Работа на площадках обслуживания двигательных установок (ДУ) требует строгого соблюдения определенных требований и стандартов. Это связано не только с обеспечением эффективной эксплуатации оборудования, но и с гарантией безопасности персонала и окружающей среды. В данной главе рассмотрены основные требования, которые необходимо учитывать при работе на площадках обслуживания ДУ.

4.1 Общие требования безопасности

4.1.1 Обучение персонала

Все работники, задействованные в обслуживании ДУ, должны пройти соответствующее обучение и аттестацию. Это включает в себя:

- Ознакомление с правилами техники безопасности;
- Изучение особенностей работы с дизель-генераторами;
- Проведение тренировок по действиям в экстренных ситуациях.

К работе по обслуживанию ракетных двигателей допускаются мужчины не моложе 18 лет, обученные и аттестованные по специальности, а также прошедшие инструктаж по электробезопасности в объеме группы I.

При поступлении на работу инженер проходит медицинский осмотр, вводный инструктаж по безопасности труда и первичный инструктаж на рабочем месте, что должно быть подтверждено его подписью в контрольном листе прохождения инструктажа по безопасности труда и в журналах регистрации вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте. При последующей работе инженер проходит:

- периодические медицинские освидетельствования - не реже одного раза в 12 месяцев;
- повторные инструктажи по безопасности труда - не реже одного раза в 6 месяцев с распиской в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте.

3. Инженер следует помнить, что вследствие невыполнения положений настоящей инструкции, Правил внутреннего трудового распорядка, Правил технической эксплуатации ремонтируемого и применяемого для ремонта оборудования и инструмента или нарушения технологического процесса при проведении работ может возникнуть опасность:

- а) Повреждения глаз при выполнении ремонтных работ;
- б) Травмирования при работе;
- г) Поражения электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям электрооборудования, а также при повреждении или отсутствия заземления;
- д) При неосторожном передвижении по территории цеха, участка, хождении по незакрепленным настилам;
- е) При работе на промасленном, мокром, покрытым льдом и снегом полу или территории с использованием случайных (нестандартных) подставок для работы, а также при загромождении рабочего места оборудованием и посторонними предметами;
- з) От воздействия повышенного уровня шума и вибрации, ожога нагретыми узлами и агрегатами двигателя.

4.1.2 Использование средств индивидуальной защиты (СИЗ)

При работе на площадках обслуживания ДУ необходимо использовать следующие СИЗ:

- Защитные каски;
- Противошумные наушники;
- Защитные очки;
- Перчатки, устойчивые к воздействиям химических веществ;
- Специальная обувь с защитными носками.

В случае работы в неблагоприятных условиях труда инженер могут предоставляться (устанавливаться):

- а) Доплаты к тарифной ставке в размере до 12 процентов за работу в тяжелых и вредных условиях труда;

б) Дополнительный отпуск продолжительностью 12 рабочих дней за работу по подготовке ракетной техники к испытаниям в воздухе, на наземной отработке двигателей, приборов и аппаратов перед подъемом в воздух;

в) Бесплатная спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты;

- Рукавицы хлопчатобумажные на меху; куртка меховая с верхом из хлопчатобумажной ткани;

- Брюки меховые с верхом из хлопчатобумажной ткани; куртка хлопчатобумажная на ватине с меховым воротником;

- Брюки хлопчатобумажные на ватине;

- Шапка-ушанка;

- Берет хлопчатобумажный;

- Валенки;

- Унты меховые, галоши резиновые к валенкам и унтам (две пары);

- Сапоги кирзовые.

Вся спецодежда выдается на срок носки, установленный для соответствующих климатических районов.

4.1.3 Организация рабочего пространства

Рабочая зона должна быть организована таким образом, чтобы исключить возможность травмирования работников. Основные требования включают:

- Чистота и порядок на площадке;

- Обеспечение свободного доступа к аварийным выходам и средствам пожаротушения;

- Наличие четких обозначений опасных зон.

Получить у техника задание на выполнение работ и при выполнении новых видов работ или изменении условий работы получить описание технологического процесса и инструктаж по охране труда (перед выполнением работ с повышенной опасностью пройти целевой инструктаж с распиской в наряде-допуске);

Проверить внешним осмотром исправность, одеть спецодежду и другие средства индивидуальной защиты, установленные для данного вида работ;

Осмотреть рабочее место, убрать посторонние предметы, освободить проходы, проверить наличие знаков безопасности;

При наличии на полу, настиле и т.п. льда, снега, воды, нефтепродуктов и других технических жидкостей зачистить их, убрать, протереть насухо и при необходимости посыпать песком (опилками);

Проверить исправность стремянок, трапов и другого наземного оборудования, правильность установки под колеса шасси упорных колодок и их заблокированность;

Обесточить и заземлить летательный аппарат перед заправкой его топливом, маслами, специальными жидкостями и газами;

Проверить исправность грузоподъемных средств, в том числе гидравлических подъемников и их грузоподъемность (по бирке-паспорту, укрепленному на грузоподъемном устройстве или по регистрационной (инвентарной) табличке проверить соответствует ли разрешенная грузоподъемность данного устройства массе груза, предназначенного для подъема);

При выполнении работ повышенной опасности - иметь при себе наряддопуск на право выполнения этих работ.

4.2 Технические требования

4.2.1 Оснащение площадки

Площадка обслуживания должна быть оборудована необходимыми инструментами и средствами для выполнения работ:

- Инструменты для диагностики и ремонта ДУ;
- Средства для сбора и утилизации отходов;
- Оборудование для контроля состояния окружающей среды.

Отключить оборудование, переносные светильники от источников питания и убрать их в установленное место;

Проверить наличие инструмента, убрать его в специальную сумку (ящик) и сдать в инструментальную кладовую;

Убрать от летательного аппарата используемые в работе приспособления, оборудование (подъемники, стремянки и т.д.) на установленное для них место;

Мусор и грязную ветошь вынести в отведенное место, места разлитых горючесмазочных материалов убрать и протереть;

Заземлить и зачехлить летательный аппарат;

Сообщить технику обо всех неисправностях и замечаниях, выявленных в процессе работы и проведенных испытаний.

4.2.2 Проведение регулярных проверок

Регулярные проверки состояния оборудования и площадки являются обязательными. Это включает в себя:

- Проверку состояния генераторов и вспомогательных систем;
- Контроль за работой систем вентиляции и охлаждения;
- Оценку состояния средств пожаротушения.

Соблюдать все меры безопасности, следить за исправностью и безопасным состоянием оборудования и инструментов, применяемых в работе, специальная одежда и обувь должны быть сухими;

Поддерживать на рабочем месте порядок, не допускать загромождения материалами, оборудованием и отходами производства, не допускать разлива горюче-смазочных материалов и воды (в случае разлива нефтепродуктов и других жидкостей немедленно убрать и насухо протереть место разлива);

Входить и выходить из кабины отсеков и грузовых люков летательного аппарата только по специальным стремянкам;

Не допускать столкновения стремянок с другими предметами (стремянками) при передвижении их с одного места на другое;

Перемещение стремянок производить плавно, без рывков, избегая перекатывание колес стремянок через электрические кабели (при перемещении стремянок зимой на всем пути передвижения необходимо расчистить снег, лед);

Устанавливать стремянки так, чтобы исключалось их самопроизвольное перемещение, используя для этого специальные тормозные башмаки или устройства, предусмотренные в конструкции стремянки;

Устанавливать правильно грузоподъемные средства в соответствии с поднимаемым грузом;

Правильно крепить стропы, траверсы;

Убедиться в отсутствии посторонних лиц в опасной зоне, где проводятся работы по снятию и установке двигателей или других агрегатов и узлов летательного аппарата.

4.3 Экологические требования

4.3.1 Утилизация отходов

При обслуживании ДУ образуются различные отходы, такие как масло, фильтры и другие материалы. Необходимо:

- Обеспечить сбор и хранение отходов в специально отведенных местах;
- Организовать утилизацию отходов в соответствии с действующими экологическими нормами.

4.3.2 Контроль за выбросами

Работа ДУ может приводить к выбросам вредных веществ в атмосферу. Для минимизации негативного воздействия необходимо:

- Проводить регулярный мониторинг выбросов;
- Применять системы очистки газов, если это предусмотрено проектом.

4.4 Коммуникация и взаимодействие

Согласование действий: Перед началом работы необходимо проводить собрания для обсуждения планируемых действий, распределения обязанностей и потенциальных рисков.

Обратная связь: Поощрение сотрудников к сообщению о любых проблемах или инцидентах, что поможет предотвратить аварийные ситуации в будущем.

Соблюдение этих общих требований позволит обеспечить безопасную и эффективную работу на площадках обслуживания дизель-генераторных установок, минимизируя риски для здоровья работников и окружающей среды.

Заключение:

Соблюдение общих требований при работе на площадках обслуживания дизель-генераторных установок является залогом безопасной и эффективной эксплуатации оборудования. Ответственный подход к организации рабочего процесса, обучение персонала и соблюдение экологических норм помогут предотвратить аварийные ситуации и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

5 ОЦЕНКА СТОИМОСТИ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ПЛОЩАДКИ

5.1 Экономическая оценка

Выполним экономическую оценку эффективности использования площадки обслуживания ДУ.

В таблице 3 представлены сведения по стоимости площадки, описанных в рамках первой главы.

Таблица 3 – Стоимость площадки

№	Площадка	Стоимость, млн у.е.	Затраты на эксплуатацию в год, млн у.е.
1	373ПУ08.1501	9,45	0,095

Рассчитаем стоимость модернизированной площадки.

Затраты на создание модернизаций можно рассчитать по формуле:

$$C_{созд} = C_{разр} + C_{пр}, \quad (54)$$

где $C_{разр}$ – стоимость разработки площадки;

$C_{пр}$ – стоимость производства площадки

Расчёт стоимости разработки площадки 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 .

$$C_{разр} = C_1 + C_2 + C_3. \quad (55)$$

Из анализа статистики принимаем, что затраты предприятия-изготовителя на проектирование изделия составляют 3 млн у.е.

$$C_1 = 3 \text{ млн у.е.}$$

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

$$C_2 = 1,5 \text{ млн у.е.}$$

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

$$C_3 = 0,5C_2 = 0,75 \text{ млн у.е.} \quad (56)$$

Таким образом, стоимость разработки площадки составляет:

$$C_{\text{разр}} = 5,25 \text{ млн у.е.}$$

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

$$C_{\text{пр}} = 0,8C_{\text{разр}} = 4,2 \text{ млн у.е.} \quad (57)$$

Таким образом, затраты на создание площадки составят:

$$C_{\text{созд}} = 9,45 \text{ млн у.е.}$$

Универсальный характер модернизированной площадки, с помощью которой допускается простота в обслуживании двигательной установки, позволяет значительно снизить затраты на эксплуатацию площадки. В рамках первичного расчёта можно принять затраты на эксплуатацию площадки, равными 1% от стоимости создания площадки, т.е. 0,095 млн у.е.

Получили значение затрат на ежегодную эксплуатацию. При этом, стоит учесть, что в данном случае модернизированная площадка позволяет заменить предыдущий вариант.

Что позволяет сделать вывод об экономической эффективности эксплуатации модернизированной площадки обслуживания ДУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы была проведена комплексная оценка текущего состояния площадки обслуживания двигательной установки на пусковом столе ракеты космического назначения Ангара А5. Анализ существующих процессов и технологий, используемых на данной площадке, позволил выявить ключевые проблемы и узкие места, которые негативно сказываются на эффективности и безопасности подготовки ракеты к запуску.

Предложенные меры по модернизации площадки обслуживания включают внедрение современных автоматизированных систем контроля, оптимизацию логистических процессов, а также усовершенствование инженерных решений, что позволит значительно сократить время подготовки ракеты к старту и повысить безопасность операций.

Основные выводы исследования подтверждают необходимость модернизации площадки обслуживания, что обусловлено как растущими требованиями к надежности космических запусков, так и стремлением повысить конкурентоспособность отечественной ракетно-космической отрасли. В ходе работы были предложены конкретные меры по улучшению инфраструктуры, включая внедрение современных технологий, автоматизацию процессов, а также оптимизацию рабочих потоков.

Реализация предложенных мероприятий позволит значительно сократить время обслуживания двигательных установок, повысить уровень безопасности и снизить экологические риски, связанные с эксплуатацией ракетных систем. Кроме того, модернизация площадки создаст условия для более гибкого реагирования на изменения в требованиях к запуску и увеличит общую производительность пускового комплекса.

Таким образом, результаты данной работы могут служить основой для дальнейших исследований и практических разработок в области обслуживания ракетных систем. Внедрение предложенных решений не только улучшит текущие процессы, но и создаст предпосылки для успешного выполнения

амбициозных задач, стоящих перед российской ракетно-космической отраслью в условиях глобальной конкуренции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Сайт ракетно-космической корпорации «Энергия» имени С. П. Королёва [Электронный ресурс] / URL: <https://www.energia.ru/> (дата обращения 19.10.2023 г.).

2 Белоконов, И. В. Расчет баллистических характеристик движения космических аппаратов: учеб. пособие / И.В. Белоконов // Самара: Изд-во Самар. аэрокосм. университета, 1994. 76 с.

3 Бутакова, М. А. Решение задач в среде SolidWorks : учебное пособие / М. А. Бутакова, Н. М. Нечитайло, В. В. Ильичева ; М. А. Бутакова, Н. М. Нечитайло, В. В. Ильичева; ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2016. – 231 с.

4 Вишневская, Т. Решение инженерных задач в среде SolidWorks / Т. Вишневская, Ю. Терентьев. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2017. – 74 с.

5 Система стандартов безопасности труда. Основные положения: межгосударственный стандарт ГОСТ Р 12.0.001-82 : взамен ГОСТ Р 12.0.001-74 : введен 01.07.83.. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2003.

6 Волков О. И., Скляренко В. К. Экономика предприятия – М.: ИНФРА-М.

7 Техническое описание 373ПУ08 ТО.