

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

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зам. зав. кафедрой
В.В.Соловьев
« 14 » июля 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Реконструкция МИК РН технического комплекса КЦ Восточный для проведения предпусковых сборочных работ РН «Ангара»

Исполнитель
студентка группы 617-об

lof 10.07.2020
(подпись, дата)

А.А. Пряслихина

Руководитель

А.В. Козырь 10.07.20
(подпись, дата)

А.В. Козырь

Консультант

К.А. Насуленко
(подпись, дата)

К.А.Насуленко

Нормоконтроль

М.А. Аревков 10.07.2020
(подпись, дата)

М.А.Аревков

Благовещенск 2020

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

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

УТВЕРЖДАЮ

Зам. зав. кафедрой

 В.В. Соловьев

« 10 » октября 2020 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студентки Пряслихиной Александры Алексеевны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Реконструкция МИК РН технического комплекса КЦ Восточный для проведения предпусковых сборочных работ РН «Ангара»

(утверждена приказом от 14.04.2020 № 711-уч)

2. Сроки сдачи студентом законченной работы 14.07.2020

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: научная литература, периодические издания, отчеты по практикам

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): расчет на прочность и надежность комплекта механотехнологического оборудования, расчет состава запасных инструментов и принадлежностей комплекта, расчет количественных показателей уровня стандартизации комплекта

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, иллюстративного материала и т.п.) порядок проведения работ с РН «Анагара-А5», общий вид фермы кабельной поворотной, общий вид колонны, общий вид рамы 1, общий вид рамы 2, общий вид площадки, схема размещения УТК РН и УТК РКН «Ангара-А5» в МИК «Союз-2», 8 таблиц

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) К.А.Насуленко

7. Дата выдачи задания 20.04.2020

Руководитель выпускной квалификационной работы: Козырь Аркадий Валентинович
канд. техн. наук

Задание принял к исполнению (дата): 20.04.2020


(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 60 с., 8 таблиц, 3 источника.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ЗАИМСТВОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, КОМПЛЕКТ МЕХАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОЧНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, ЗАПАСНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, УНИФИКАЦИЯ, СПЕЦИФИКАЦИЯ

Целью данной выпускной квалификационной работы является реконструкция МИК РН технического комплекса КЦ «Восточный» для проведения предпусковых сборочных работ РН «Ангара».

В работе исследован комплект мехнотехнологического оборудования. Исследован на предмет допустимости использования заимствованного оборудования для проведения предпусковых сборочных работ РН «Ангара».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	9
1.1 Постановка задачи	9
1.2 Описание космодрома «Восточный»	9
1.3 Описание технического комплекса	10
1.3.1 Назначение технического комплекса	10
1.3.2 Состав технического комплекса	11
1.4 Описание ракеты-носителя «Союз»	12
1.5 Описание ракеты-носителя «Ангара»	15
2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	19
2.1 Постановка задачи	19
2.2 Расчет на прочность	19
2.2.1 Общие положения	19
2.2.2 Расчет на прочность	20
2.3 Расчет надежности	26
2.3.1 Методика расчета	26
2.3.1.1 Основные определения и допущения	26
2.3.1.2 Количественные значения показателей надежности	27
2.3.2 Расчет проектной надежности комплекта	30
2.4 Расчет состава ЗИП	31
2.4.1 Общие положения	31
2.4.2 Методика определения состава ЗИП	32
2.4.2.1 Методика определения номенклатуры запасных частей	32
2.4.2.2 Методика определения количества запасных частей	33
2.4.2.3 Методика определения остатка срочного пополнения	34
2.5 Расчет количественных показателей уровня стандартизации и унификации	38
2.5.1 Обоснование стандартизации и унификации КМТО	38

2.5.2 Коэффициент применяемости составных частей КМТО	38
2.5.3 Коэффициенты применяемости по группам составных частей	39
2.5.4 Коэффициент повторяемости составных частей КМТО	40
2.6 Выводы по результатам расчетов	40
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	41
3.1 Постановка задачи	41
3.2 Общие сведения о комплекте	41
3.3 Требования к комплекту	43
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	51
4.1 Постановка задачи	51
4.2 Оценка экономической эффективности работ по стандартизации и унификации	51
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	55
5.1 Постановка задачи	55
5.2 Требования к системе освещения	55
5.3 Требования к температурно-влажностному режиму в помещениях	55
5.4 Общие указания по безопасности	55
5.5 Правила пожарной безопасности	56
5.6 Правила электробезопасности	57
Заключение	59
Библиографический список	60

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей бакалаврской работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ Р 51282-99 Оборудование технологическое стартовых и технических комплексов ракетно-космических комплексов. Нормы проектирования и испытаний.

ГОСТ РО 1410-001 2009 Системы и комплексы космические. Порядок задания требований, оценки и контроля надежности.

ОСТ 92-1326-83 Средства грузозахватные. Подвески балансирные. Конструкция, размеры и технические требования.

ГОСТ РВ 15.207–2005 Система разработки и постановки продукции на производство.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

УТК РН – унифицированный технический комплекс ракеты-носителя;

СЧ РКН – составная часть ракеты космического назначения;

РН – ракета-носитель;

КМТО – комплект механотехнологического оборудования;

УСК – универсальный стартовый комплекс;

КРК – космический ракетный комплекс;

ТК – технический комплекс;

ЗИП – запасные инструменты и принадлежности;

РМ ПИ – рабочее место пневмоиспытаний;

АФУ СТИ – антенно-фидерное устройство системы телеметрических измерений;

РМ – рабочее место;

ББ СУ – бортовые батареи системы управления;

ББ СТИ – бортовые батареи системы телеметрических измерений;

ВБР – вероятность безотказной работы;

СЧ – составная часть;

СК – стартовый комплекс;

БРС – блок разъемных соединений;

РМ – рабочее место;

ОП – промежуточный отсек;

ЭС – электросоединитель;

АС – автостык;

БКС – бортовая кабельная сеть;

СНИ – система наземных измерений;

РДТТ – ракетный двигатель твердого топлива.

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы является реконструкция МИК РН технического комплекса КЦ «Восточный» для проведения предпусковых сборочных работ РН «Ангара».

Для достижения поставленной цели необходимо просчитать возможность использования заимствованного оборудования для проведения работ.

Объектом исследования является МИК РН технического комплекса КЦ «Восточный».

Предметом исследования является комплект мехнотехнологического оборудования, который предназначен для проведения полного цикла работ по проведению подготовки и сборки составных частей РН, поступающих из хранилища на космодроме Восточный.

1 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Постановка задачи

В конструкторской части выпускной квалификационной работы следует описать космодром «Восточный», технический комплекс космодрома, а также обслуживаемые ракеты-носители «Союз» и «Ангара». Это необходимо для получения полной картины.

1.2 Описание космодрома «Восточный»

Космодром «Восточный» — российский космодром на Дальнем Востоке в Амурской области, недалеко от города Циолковский. Первый российский гражданский космодром, общая площадь которого около 700 км².

Космодром возводился для обеспечения независимого доступа в космос, гарантированного выполнения международных и коммерческих космических программ, сокращения затрат на космодром «Байконур» и улучшения социально-экономической обстановки в Амурской области.

Преимущества космодрома «Восточный» в том, что начальный участок траектории полёта ракеты-носителя не проходит над густонаселёнными районами России и над территориями иностранных государств, районы падения отделяющихся частей ракет-носителей расположены в малонаселённых районах территории России или в нейтральных водах, место расположения космодрома находится вблизи от развитых железнодорожных и автомобильных магистралей и аэродромов.

Космодром расположен в регионе с муссонным климатом, среднемесячной температурой января $-25,6$ °С (абсолютный минимум многолетних наблюдений $-49,0$), среднемесячной температурой июля $+20,6$ (абсолютный максимум многолетних наблюдений $+39,1$).

28 апреля 2016 года состоялся первый успешный пуск с выводом на орбиту трёх искусственных спутников Земли.

Космодром «Восточный» это развивающийся объект и на нем запланировано строительство технических и обеспечивающих площадок.

Планируемая инфраструктура космодрома включает в себя следующие объекты:

- стартовый комплекс ракеты-носителя среднего класса повышенной грузоподъёмности (до 20 тонн) в составе двух пусковых установок;
- монтажно-испытательные корпуса для испытаний и подготовки к запуску автоматических КА и пилотируемых космических кораблей;
- комплекс эксплуатации районов падения отделившихся частей ракет-носителей, в том числе материально-технические склады, убежища для персонала и техники, посадочно-вертолетная площадка, а также места стоянки для вертолётов, зоны авиатопливообеспечения и разгрузочного терминала;
- объекты для предполётной и предстартовой подготовки космонавтов;
- кислородно-азотный и водородный заводы;
- современный измерительный комплекс, в том числе морской;
- аэродромный комплекс для приёма всех типов самолётов;
- внутрикосмодромные автодороги, железные дороги;
- объекты инженерного обеспечения: миникотельные, водозаборные и очистные сооружения, все виды связи, объекты МЧС России;
- различные складские, перегрузочные и ремонтные объекты;
- город для проживания эксплуатационного персонала космодрома с необходимыми медицинскими, социально-бытовыми, торговыми, культурно-развлекательными и спортивными объектами;
- газификация объектов космодрома.

Основные предпусковые и сборочные работы производятся на УТК, описание которого приводится в следующем пункте.

1.3 Описание технического комплекса

1.3.1 Назначение технического комплекса

Основное назначение технического комплекса космодрома – проведение в полном объеме работ по доставке, разгрузке, проверке и сборке поступающих агрегатов и узлов ракеты-носителя (РН) и космической головной части (КГЧ) с

выполнением их полного комплексного тестирования, заправка РН компонентами топлива и доставка РН с КГЧ на стартовый комплекс космодрома.

Такой комплекс – обязательная часть любого космодрома. Общая площадь здания – почти 45 тысяч квадратных метров. Высота – 37 метров. Ракета-носитель с готовыми первой и второй ступенями с помощью специальных траверсов устанавливается на тележки и едет по направлению к стартовому комплексу.

При проектировании этого технического комплекса использовали последние разработки российских конструкторов. Рабочие места здесь максимально автоматизированы, установлено 138 современных систем технологического оборудования [2].

1.3.2 Состав технического комплекса

Технический комплекс космического ракетного комплекса содержит совокупность технических средств, технологического оборудования и инженерных сооружений и предназначен для приема, сборки, испытаний РН легкого, среднего и тяжелого классов, проведения с ними регламентных работ и стыковки с заданной номенклатурой разгонных блоков (РБ) и космических аппаратов (КА), а также для хранения РН в установленных степенях готовности с комплектом запчастей и инструментов (ЗИП).

Технический комплекс включает в себя монтажно-испытательный корпус ракеты-носителя (МИК РН). Одновременно в таком корпусе можно собирать две ракеты-носителя. Монтажно-испытательный комплекс предназначен для размещения технологического оборудования, сборки, входного контроля и автономных и комплексных испытаний ракет-носителей. В монтажно-испытательном комплексе ракета собирается в так называемый «пакет». Собирается центральный блок - вторая ступень ракеты. Затем к ней пристыковываются боковые блоки. Потом к ракете присоединяется полезная нагрузка. В этом помещении поддерживается определенный температурно-влажностный режим с помощью специальных вентиляционных систем.

Ракету собирают почти в стерильных условиях — специалисты работают как в операционной — в белых халатах. Сборкой занимаются представители разработчика — «ЦСКБ-Прогресс», которые доставляют ракету на Восточный и контролируют условия ее хранения.

К полам в МИК РН особые требования, касающиеся не только чистоты, но и прочности — они должны выдержать вес ракеты-носителя.

Для их монтажа на глубину до 8 метров установили 360 буронабивных свай — каждая пара испытывает нагрузку в 40 тонн.

При строительстве силовых полов применялись новейшие технологии, которые ранее нигде не использовались.

В техническом комплексе КЦ Восточный могут проводиться предпусковые сборочные работы РН «Союз-2», а также планируется переоборудование УТК для проведения работ РН «Ангара». Характеристики РН «Союз-2» и «Ангара» приводятся в последующих пунктах.

1.4 Описание ракеты-носителя «Союз»

Ракеты-носители серии «Союз-2» разработаны на базе серийной ракеты-носителя «Союз-У». На ракетах-носителях «Союз-2» применены усовершенствованные двигательные установки и современные системы управления и измерений, что существенно повысило технические и эксплуатационные характеристики РН.

Работы проведены в два этапа:

1) На этапе 1а создан унифицированный носитель «Союз 2.1а» для различных типов головных блоков с диаметрами головных обтекателей до 4,11 м. Ракета-носитель характеризуется повышенной точностью выведения и увеличенной массой полезных грузов на низких орбитах за счет усовершенствования системы управления и двигательных установок I и II ступеней.

2) На этапе 1б блок III ступени (ракета-носитель «Союз 2.1б») был оснащен современным двигателем 14Д23 (РД-0124), что позволило дополнительно повысить энергетические возможности носителя.

Головной разработчик — АО «РКЦ «Прогресс» (г. Самара). Ракета-носители «Союз-2» в зависимости от назначения могут использовать разгонный блок «Фрегат» [2].

Основные преимущества ракет-носителей:

- новое поколение легендарной ракеты-носителя;
- экологически безопасные компоненты топлива — керосин и жидкий кислород;
- повышенная энерговооруженность и современная система управления — новые возможности для выведения космических аппаратов.

Ракеты-носители «Союз-2» в сочетании с разгонным блоком «Фрегат» предназначены для запусков космических аппаратов на околоземные орбиты различных высот и наклонений, включая геопереходные и геостационарную, а также отлетные траектории.

Конструктивно ракеты-носители «Союз-2», как и все ракеты семейства «Союз», выполнены по схеме продольно-поперечного деления ракетных ступеней:

- на первом этапе полёта работают двигатели четырех боковых и центрального блоков;
- на втором, после отделения боковых блоков, только двигатель центрального блока.

Применительно к условиям эксплуатации в Гвианском космическом центре ракеты-носители «Союз-2» доработаны в части безопасности (прием команд с Земли на прекращение полета), системы телеизмерений (дециметровый диапазон частот с европейской структурой кадра телеметрии) и стойкости к повышенной влажности, морской транспортировке и т.д. — ракеты-носители «Союз-СТ-А» и «Союз-СТ-Б». На ракете применяется головной обтекатель диаметром 4,11 м .

В таблице 1.1 приведены сравнения основных характеристик нескольких типов ракет-носителей «Союз-2».

Таблица 1.1 – Основные характеристики

	Союз-2.1а	Союз-2.1б	Союз-СТ-А	Союз-СТ-Б
Стартовая масса, т	306-313			
Количество ступеней	3			
Компоненты топлива	Кислород-керосин			
Маршевые двигатели				
-первой ступени	4 х РД-107А	4 х РД-107А	4 х РД-107А	4 х РД-107А
-второй ступени	РД- 108А	РД- 108А	РД- 108А	РД- 108А
-третьей ступени	РД-0110	РД-0124	РД-0110	РД-0124
Разгонные блоки	«Фрегат»			
Масса полезного груза, Пуск с космодрома Во- сточный:				
-на низкую около- земную орбиту	7,4	8,7	-	-
-на солнечно-синхрон- ную орбиту	4,0	5,0	-	-
-на геопереходную ор- биту	-	2,0	-	-

Пуски ракет-носителей серии «Союз-2» осуществляются с:

- космодрома Байконур,
- космодрома Плесецк,
- космодрома Восточный.

Пуски ракет-носителей «Союз-СТ-А» и «Союз-СТ-Б» — из Гвианского космического центра (Французская Гвиана).

1.5 Описание ракеты-носителя «Ангара»

Создание космического ракетного комплекса (КРК) «Ангара» является задачей особой государственной важности. Ввод КРК «Ангара» в эксплуатацию позволит России запускать космические аппараты всех типов со своей территории и обеспечит нашей стране независимый гарантированный доступ в космос. Государственными заказчиками комплекса «Ангара» являются Госкорпорация «РОСКОСМОС» и Минобороны России, головным предприятием-разработчиком - ФГУП «ГКНПЦ имени Хруничева». Новый КРК создается кооперацией российских промышленных предприятий и строительных организаций с применением исключительно отечественной элементной базы.

Основные преимущества ракет-носителей:

- универсальные ракетные модули позволяют создавать ракеты-носители разных классов;
- экологически безопасные компоненты топлива – керосин и жидкий кислород;
- используются только российские компоненты.

Новейший российский космический ракетный комплекс «Ангара» включает в свой состав семейство экологически чистых ракет-носителей (РН) различных классов, позволяющих выводить до 37,5 тонн полезного груза (модификация «Ангара-А5В») на низкую околоземную орбиту [2].

Основой для создания вариантов ракет-носителей «Ангара» служат кислородно-керосиновые универсальные ракетные модули - УРМ-1 (для первой и второй ступеней РН) и УРМ-2 (для верхних ступеней РН). Количество УРМ в составе первой ступени определяет грузоподъемность ракеты-носителя.

Универсальный ракетный модуль представляет собой законченную конструкцию, состоящую из баков окислителя и горючего, соединенных проставкой, и двигательного отсека. УРМ-1 оснащается жидкостным реактивным двигателем РД-191, УРМ-2 – двигателем РД-0124А [2].

В ракетах-носителях семейства «Ангара» не используются агрессивные и токсичные ракетные топлива на основе гептила, что позволяет существенно повысить показатели экологической безопасности комплекса, как в прилегающих к космодрому регионах, так и в районах падения отработавших ступеней ракет-носителей.

Уникальные технические решения и широкое использование унификации позволяют осуществлять пуск всех ракет-носителей семейства «Ангара» с одной пусковой установки. Созданная на космодроме Плесецк (Архангельская обл.) наземная инфраструктура КРК «Ангара» включает в себя технический комплекс и универсальный стартовый комплекс (УСК).

УСК на космодроме Плесецк создан на базе стартового комплекса РН «Зенит» и способен обеспечить подготовку и пуски ракет-носителей «Ангара» легкого, среднего и тяжелого классов. Стартовый комплекс включает в свой состав стартовые сооружения, технологическое оборудование, комплекс автоматизированных систем управления, комплекс для заправки разгонного блока «Бриз-М», комплекты наземного оборудования и проверочной аппаратуры. Кроме сооружений, инженерных сетей и коммуникаций протяженностью более 22 км, автомобильных и железных дорог, в состав УСК входят площадки инженерного обеспечения [2].

Второй стартовый комплекс планируется создать на новом российском космодроме Восточный.

В таблице 1.2 приведены сравнения основных характеристик нескольких типов ракет-носителей «Ангара».

Таблица 1.2 – Основные характеристики

	Ангара-1.2	Ангара-А5	Ангара-А5В*
Стартовая масса, т	171	773	815
Количество ступеней	2	3	3
Компоненты топлива			
-первой ступени	Кислород-керосин	Кислород-керосин	Кислород-керосин
-второй ступени	Кислород-керосин	Кислород-керосин	Кислород-керосин
-третьей ступени	-	Кислород-керосин	Кислород-водород
Маршевые двигатели			
-первой ступени	РД-191	РД-191	РД-191М
-второй ступени	РД- 0124А	РД-191	РД-191М
-третьей ступени	-	РД- 0124А	РД - 0150
Используемые разгонные блоки	Отделяемый агрегатный модуль	Бриз-М/ДМ/КВТК	КВТК
Космодром	Плесецк	Плесецк (Восточный**)	Восточный**
Масса полезной нагрузки, т			
-на низкую опорную орбиту (200км)	3,5	24,0 (24,5)	37,5
-на геопереходную	-	5,4/5,4/7,5 (-/7,0/8,0)	13,3

Продолжение таблицы 1.2

-на геостационарную	-	2,8/2,6/4,5 (-/3,9/5,0)	8,0
-на солнечно-синхронную	2,4	-	-

*-в стадии проектной разработки

**-стартовый комплекс для РН «Ангара» в проекте второй очереди строительства космодрома Восточный.

В следующей исследовательской главе выпускной квалификационной работы приведены расчеты комплекта механтехнологического оборудования МИКа РН ТК «Восточный».

2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Постановка задачи

Реконструкция – это процесс обновления старого оборудования для использования его в новых условиях работы.

В исследовательской части выпускной квалификационной работы следует рассмотреть, как реконструированное и заимствованное оборудование МИКа подходит для проведения предпусковых сборочных работ РН «Ангара».

2.2 Расчет на прочность

2.2.1 Общие положения

В расчете на прочность комплекта механотехнологического оборудования УТК РН «Ангара-А5» в МИК РН «Союз-2» дана оценка правильности применения с точки зрения прочностного заимствования оборудования, задействованного в комплекте, и проведена проверка прочности основных силовых элементов вновь спроектированного оборудования.

Расчет на прочность разработан в соответствии с ГОСТ Р 51282-99.

Статистическая прочность элементов конструкции обеспечивается выполнением условий:

$$n = \frac{K_{с.п.} * \sigma_T}{\sigma} > [n_{с.п.}], \quad (1)$$

$$n = \frac{K_{с.п.} * \sigma_T}{\tau} > [n_{с.п.}], \quad (2)$$

где n – расчетный коэффициент запаса прочности;

$K_{с.п.}$ – коэффициент изменения предела текучести материала в зависимости от напряженного состояния при расчете статической прочности;

σ_T – предел текучести материала при растяжении;

σ – расчетное нормальное напряжение;

τ – расчетное касательное напряжение;

$[n_{с.п.}]$ – суммарный минимально допустимый коэффициент запаса статической прочности, определяемый согласно ГОСТ Р 51282-99 как произведение четырех частных коэффициентов:

$$[n_{с.п.}] = n_0 * n_1 * n_2 * n_3, \quad (3)$$

где n_0 – коэффициент неучтенных факторов;

$n_0 = 1,1$ – при проектировании комплексов и при изменении условий эксплуатации изготовленных изделий в общем случае;

$n_0 = 1,05$ – при изменении условий эксплуатации изготовленных изделий, когда суммарное влияние неучтенных в расчете нагрузок не превышает 5% допускаемых усилий, а также при разовом воздействии предельных нагрузок;

$n_0 = 1,0$ – при учете 100% нагрузок с их возможными отклонениями в неблагоприятную сторону;

n_1 – коэффициент, зависящий от вида расчетного сочетания нагрузок и классификации конструкции, согласно ГОСТ Р 51282-99;

n_2 – коэффициент дополнительного запаса к разрушающей нагрузке, зависящий от отношения предела текучести к пределу прочности материала сопротивлению разрыва согласно ГОСТ Р 51282-99;

n_3 – коэффициент, учитывающий характер контроля механических свойств материала, согласно ГОСТ 51282-99.

Запасы прочности в элементах конструкции определены в соответствии с ГОСТ Р 51282-99 по отношению к пределу текучести материалов, принятых для их изготовления.

2.2.2 Расчет на прочность

В пункте 2.2.2 представлен частичный расчет на прочность заимствованного оборудования из комплекта вспомогательного оборудования, а в частности фермы кабельной поворотной.

Ферма кабельная поворотная предназначена для размещения кассет 1 и 2 с кабелями разового применения и поворота их к изделию. Ферма представляет собой сварную конструкцию из труб 40x40x3 мм, труб 40x25x3 мм из стали 20 и листов настила толщиной 3мм.

Максимальная масса кабелей разового применения для БРС-Э1:

$$m_{\text{БРС-Э1}} = m_1 = 340 \text{ кг.}$$

Максимальная масса кабелей разового применения для БРС-Э2:

$$m_{\text{БРС-Э2}} = m_2 = 320 \text{ кг.}$$

Масса кассеты 1:

$$m_{\text{к1}} = 110 \text{ кг.}$$

Масса кассеты 2:

$$m_{\text{к2}} = 150 \text{ кг.}$$

Масса фермы кабельной поворотной:

$$m = 5600 \text{ кг.}$$

Расчет нагрузки на отдельные части фермы представлен ниже.

1. Консоль

На консоли размещены две кассеты с кабелями разового применения. Нагрузка от кассет с кабелями разового применения распределена по длине консоли.

Нагрузка от кассет рассчитывается следующим образом:

$$P_1 = (m_{\text{БРС-Э1}} + m_{\text{к2}}) \cdot g = 4810 \text{ Н,} \quad (4)$$

$$P_2 = (m_{\text{БРС-Э2}} + m_{\text{к1}}) \cdot g = 4220 \text{ Н.} \quad (5)$$

На консоли могут находиться три человека. Вертикальная нагрузка, создаваемая весом человека:

$$P_{\text{В}} = 1270 \text{ Н.}$$

Масса консоли

$$m_{\text{К}} = 820 \text{ кг.}$$

Нагрузка от массы консоли:

$$P_G = 8045 \text{ Н.}$$

Максимальные эквивалентные напряжения в месте сварки боковины со стойкой:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = 70 \text{ МПа.}$$

Согласно формуле:

$$n = \frac{K_{\text{с.п.}} \cdot K_{\text{с.в.}} \cdot \sigma_T}{\sigma_{\text{ЭКВ}}}, \quad (6)$$

где $K_{\text{с.п.}}=1,0$ – коэффициент изменения предела текучести материала при эквивалентных напряжениях;

$K_{\text{с.в.}}=0,7$ – коэффициент ослабления сварного соединения.

$$n = 2,45 > [n_{\text{с.п.}}].$$

Согласно формуле (3)

$$[n_{\text{с.п.}}] = 1,3.$$

Полученный результат означает, что условие статистической прочности элементов для консоли выполняется.

2. Площадка

Материал – Сталь 20

$$\sigma_T = 245 \text{ МПа.}$$

На площадке могут работать два человека одновременно. Вертикальная нагрузка, создаваемая весом человека:

$$P_B = 1270 \text{ Н.}$$

Масса площадки:

$$m = 228 \text{ кг.}$$

Площадка устанавливается на упор и закрепляется в восьми точках болтами М12 к кронштейнам. Площадка представляет собой раму из труб 70x50x4 мм с листами толщиной 3 мм и ограждение площадки из труб 40x40x3 мм.

Максимальные эквивалентные напряжения в месте сварки труб.

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = 68 \text{ МПа.}$$

Согласно формуле (6):

$$n = 2,52 > [n_{\text{с.п.}}].$$

Согласно формуле (3)

$$[n_{\text{с.п.}}] = 1,3.$$

Полученный результат означает, что условие статистической прочности элементов для площадки выполняется.

3. Кронштейн

Материал – Сталь 10ХСНД

$$\sigma_{\text{T}} = 390 \text{ МПа.}$$

В кронштейне закрепляется консоль. Кронштейн крепится к колонне с помощью болтов М24 и двух штырей.

Первый случай нагружения – рабочее положение консоли.

Максимальные эквивалентные напряжения во фланце.

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = 245 \text{ МПа.}$$

Согласно формуле:

$$n = \frac{K_{\text{с.п.}} \cdot \sigma_{\text{T}}}{\sigma_{\text{ЭКВ}}}, \quad (7)$$

где $K_{\text{с.п.}}=1,0$ – коэффициент изменения предела текучести материала при эквивалентных напряжениях:

$$n = 1,59 > [n_{\text{с.п.}}].$$

Согласно формуле (3)

$$[n_{\text{с.п.}}] = 1,4.$$

Второй случай нагружения – нерабочее положение консоли.

Максимальные эквивалентные напряжения во фланце.

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = 160 \text{ МПа.}$$

Согласно формуле:

$$n = \frac{K_{с.п.} \cdot \sigma_T}{\sigma_{ЭКВ}}, \quad (8)$$

где $K_{с.п.}=1,0$ – коэффициент изменения предела текучести материала при эквивалентных напряжениях;

$$n = 2,44 > [n_{с.п.}].$$

Согласно формуле (3)

$$[n_{с.п.}] = 1,4.$$

Полученные результаты означают, что условие статистической прочности элементов для обоих случаев нагружения кронштейна выполняются.

4. Колонна

Материал – Ст3сп4

$$\sigma_T = 245 \text{ МПа.}$$

На колонне закрепляется кронштейн. Колонна крепится к полу сооружения болтами и БРС 20x200.

Геометрические характеристики сечения:

$$F = 38,132 \text{ см}^2$$

$$I_Z = 304444 \text{ см}^4$$

$$W = \frac{304444}{43,0} = 7080 \text{ см}^3$$

В сечении возникают нормальные напряжения:

$$\sigma = 22 \text{ МПа.}$$

Согласно формуле (8):

$$n > 3 > [n_{с.п.}].$$

Согласно формуле (3)

$$[n_{с.п.}] = 1,3.$$

Полученный результат означает, что условие статистической прочности элементов для колонны выполняется.

5. Рама 1

Материал – Сталь 20

$$\sigma_T = 245 \text{ МПа.}$$

Рама представляет собой сварную конструкцию из труб 40x40x2 мм и листов толщиной 2 мм.

Расчетный случай нагружения – подъем кассеты с кабелями разового применения за четыре проушины.

Кассета предназначена для укладки кабелей разового применения БРС-Э2 и подъема их на ферму кабельную поворотную.

Максимальные эквивалентные напряжения в месте приварки проушины к трубе.

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = 27 \text{ МПа.}$$

Согласно формуле (7):

$$n > 3 > [n_{\text{с.п.}}].$$

Согласно формуле (3)

$$[n_{\text{с.п.}}] = 1,3.$$

Полученный результат означает, что условие статистической прочности элементов для рамы 1 выполняется.

6. Рама 2

Материал – Сталь 20

$$\sigma_{\text{T}} = 245 \text{ МПа.}$$

Рама представляет собой сварную конструкцию из труб 40x40x2 мм и листов толщиной 2 мм.

Расчетный случай нагружения – подъем кассеты с кабелями разового применения за четыре проушины.

Кассета предназначена для укладки кабелей разового применения БРС-Э2 и подъема их на ферму кабельную поворотную.

Максимальные эквивалентные напряжения в месте приварки проушины к трубе.

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = 29 \text{ МПа.}$$

Согласно формуле (6):

$$n > 3 > [n_{\text{с.п.}}].$$

Согласно формуле (3)

$$[n_{с.п.}] = 1,3.$$

Полученный результат означает, что условие статистической прочности элементов для рамы 2 выполняется.

2.3 Расчет надежности

2.3.1 Методика расчета

2.3.1.1 Основные определения и допущения

Настоящий расчет составлен с целью оценки проектной надежности комплекта механотехнологического оборудования. Расчет произведен по методике, разработанной в соответствии с ГОСТ РО 1410-001 и на основании анализа конструкторской документации комплекта.

Под надежностью комплекта понимается его свойство выполнять заданные функции за один цикл подготовки изделий к пуску, сохраняя во времени свои эксплуатационные показатели.

В соответствии с ГОСТ РО 1410-001 и требованиями технического задания на составную часть опытно-конструкторской работы «Комплект механотехнологического оборудования УТК РН «Ангара-А5» в МИК РН, РКН «Союз-2» ТЗ.100-АМУР-РН-КМТО-182-17 основным показателем надежности комплекта является вероятность безотказной работы КМТО за один цикл подготовки изделий к пуску $P(t_{ц}) \geq 0,99$.

Под циклом понимается операция, связанная с подготовкой одного изделия (за период времени с момента начала работы системы или агрегата КМТО с изделием до ее окончания согласно технологическому графику подготовки).

Под отказом понимается нарушение работоспособного состояния СЧ КМТО, то есть невозможность использования ее по любому требованию по назначению этой СЧ.

При оценке надежности комплекта приняты следующие допущения: интенсивность отказов составных частей КМТО является величиной постоянной за время эксплуатации, т.е. $\lambda(t)=\lambda=const$, при этом закон распределения времени между отказами является экспоненциальным, а поток отказов простейшим.

Поток отказов, возникающий при работе комплекта, является простейшим, если:

- все элементы комплекта работают одновременно;
- отказ любого элемента ведет к отказу всего комплекта;
- отказы носят внезапный характер;
- старение элементов отсутствует;
- процесс эксплуатации стабилен во времени.

Предположение о простейшем потоке отказов справедливо, если комплектующие элементы комплекта перед началом эксплуатации прошли период приработки и их ресурс с учетом проведения наладочных и регламентных работ далек от предела, указанного в ТУ на комплектующие элементы.

2.3.1.2 Количественные значения показателей надежности

Вероятность безотказной работы изделия в общем случае $P(t_{ц})$ определяется как произведение ВБР j -ых составных частей изделия $P_j(t_{ц})$:

$$P(t_{ц}) = \prod_{j=1}^k P_j(t_{ц}), \quad (9)$$

где k - количество j -ых составных частей изделия;

$P_j(t_{ц})$ - ВБР j -ой составной части изделия.

Вероятность безотказной работы комплекта за один технологический цикл вычисляется по формуле:

$$P_k(t_{ц}) = P_{ГКП}(X) \cdot P_{КМСО}(t_{ц}) \cdot P_{КСО}(X) \cdot P_{КВО}(X), \quad (10)$$

где $P_{ГКП}(X)$ - показатель надежности комплекта грузозахватных приспособлений, рассчитываемый по параметру прочности;

$P_{КМСО}(t_{ц})$ - показатель надежности комплекта монтажно-стыковочного оборудования, рассчитываемый по параметру прочности и по λ -характеристикам;

$P_{\text{КСО}}(X)$ - показатель надежности комплекта средств обслуживания, рассчитываемый по параметру прочности;

$P_{\text{КВО}}(X)$ - показатель надежности комплекта вспомогательного оборудования, рассчитываемый по параметру прочности.

Вероятность безотказной работы комплекта монтажно-стыковочного оборудования вычисляется по формуле:

$$P_{\text{КМСО}}(t_{\text{ц}}) = P_{\text{СТ}}(t_{\text{ц}}) \cdot P_{\text{ТБ}}^3(t_{\text{ц}}) \cdot P_{\text{Т}}^8(t_{\text{ц}}) \cdot P_{\text{СЧ КМСО}}(X), \quad (11)$$

где $P_{\text{СТ}}(t_{\text{ц}})$ - показатель надежности стапеля, рассчитываемый по λ -характеристикам;

$P_{\text{ТБ}}(t_{\text{ц}})$ - показатель надежности тележки базовой, рассчитываемый по λ -характеристикам;

$P_{\text{Т}}(t_{\text{ц}})$ - показатель надежности тележки, рассчитываемый по λ -характеристикам;

$P_{\text{СЧ КМСО}}(X)$ - показатель надежности составных частей комплекта монтажно - стыковочного оборудования, рассчитываемый по параметру прочности.

Интенсивность отказов для последовательного соединения элементов вычисляется по формуле:

$$\lambda = \sum_{i=1}^m n_i \cdot \lambda_i, \quad (12)$$

где λ_i - интенсивность отказов i -го элемента;

n_i - количество однотипных i -ых элементов;

m – количество групп однотипных элементов.

Методика расчета надежности по λ - характеристикам

В связи с тем, что выход из строя любого элемента j -ой составной части комплекта приводит к его отказу, количественные значения показателей надежности j -ых составных частей $P_{\lambda j}(t_{ц})$: по λ - характеристикам вычисляются по следующей формуле:

$$P_{\lambda j}(t) = \exp(-\sum_{i=1}^m n_i \cdot \lambda_i \cdot t_i), \quad (13)$$

где m - количество i -ых типов элементов в j -ой составной части комплекта;

n_i – количество однотипных i -ых элементов в j -ой составной части комплекта;

λ_i – интенсивность отказов i -го элемента,

t_i - время работы i -го элемента в течение одного технологического цикла работы.

Методика расчета надежности по критерию прочности

Количественные значения показателей надежности $P_{\Pi}(X)$ вычисляются по формулам:

$$P_{\Pi}(X) = \prod_{i=1}^m P_i(X), \quad (14)$$

$$\sigma P_{\Pi}(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma^2 P_i(X)}, \quad (15)$$

где - $P_i(X)$ и $\sigma P_i(X)$ - вероятность не разрушения i -го элемента и ее СКО, вычисляемые по формулам:

$$P_i(X) = 0,5 + \Phi(X_i), \quad (16)$$

$$\sigma P_i(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x_i}{z}}, \quad (17)$$

где - $\Phi(X_i)$ - табличная функция Лапласа;

X_i - аргумент функции Лапласа;

ВБР за цикл для металлоконструкций комплекта принимается равной $\approx 1,0$, если запасы прочности элементов металлоконструкций выше минимально допустимых (в соответствии с расчетом на прочность).

2.3.2 Расчет проектной надежности комплекта

В расчет надежности комплекта включаются основные элементы, отказ которых может привести его в неработоспособное состояние. Это такие элементы, как стапель, тележка и тележка базовая.

Расчет показателей надежности СЧ комплекта по параметру прочности произведен на основании минимальных запасов прочности, взятых из расчета на прочность в пункте 2.2 данной главы выпускной квалификационной работы.

Показатели надежности СЧ комплекта взяты согласно расчету надежности, и приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Показатели надежности СЧ комплекта.

Наименование	n_i	$n_i * \lambda_i * 10^6$	$n_i * P_i(t)$
Стапель	1	38,7778	0,999961
Тележка базовая	1	37,4381	0,999963
Тележка	1	-	0,999949

Расчет показателей надежности комплекта произведен на основании расчетных формул и исходных данных, приведенных выше.

Так как запасы прочности металлоконструкций СЧ комплекта в соответствии с расчетами на прочность, которые приведены в пункте 2.2 данной главы выпускной квалификационной работы, выше минимально допустимых, то вероятности их неразрушения близка к единице и ВБР СЧ по параметру прочности составляют:

$$P_{ГКП}(X) = 1,000;$$

$$P_{КСО}(X) = 1,000;$$

$$P_{\text{КВО}}(X) = 1,000;$$

$$P_{\text{СЧ КМСО}}(X) = 1,000.$$

ВБР комплекта монтажно-стыковочного оборудования, определяемая по формуле (11) и на основании данных из таблицы 2.1, составляет:

$$P_{\text{КМСО}}(t_{\text{Ц}}) = 0,999442.$$

ВБР комплекта $P_K(t_{\text{Ц}})$ за один цикл подготовки изделия к пуску, определяемая по формуле (10), составляет:

$$P_K(t_{\text{Ц}}) = 0,999442.$$

В результате расчета получено следующее проектное значение ВБР комплекта за один цикл подготовки изделия к пуску:

$$P_K(t_{\text{ц}}) = 0,999442.$$

Полученный показатель надежности комплекта удовлетворяет требованиям ТЗ: $P(t_{\text{ц}}) \geq 0,99$, а значит оборудование надежно и подходит для проведения работ.

2.4 Расчет состава ЗИП

2.4.1 Общие положения

Настоящий расчет состава запасных частей проведен в соответствии с ОСТ 92-1325-83 для комплекта механотехнологического оборудования.

Запасные части комплекта предназначены для замены отказавших или выработавших ресурс изделий и т.д.

Комплект обеспечивается комплектом ЗИП.

Комплект ЗИП предназначен для:

- обеспечения использования одного комплекта в течение расчетного срока эксплуатации ЗИП с требуемым критерием надежности;
- технического обеспечения в период расчетного срока эксплуатации ЗИП;
- контроля технического состояния.

ЗИП включается в состав комплекта, разрабатывается с учетом надежности составных частей, технической возможности их замены, ограничений по массе и

габаритам. В таблице 2.2 представлены исходные данные для расчета состава ЗИП.

Таблица 2.2 – Исходные данные

Наименование и размерность	Обозначение	Величина
Расчетный срок эксплуатации ЗИП, сутки	$T_{\text{зип}}$	1825
Гарантийная наработка, цикл работы	-	200
Принятая допустимая вероятность отсутствия запасной части в комплекте ЗИП	α	0,1

Принятая допустимая вероятность α отсутствия запасной части в комплекте ЗИП представляет собой вероятность того, что за расчетный срок эксплуатации ЗИП количество отказавших изделий комплекта превысит количество аналогичных изделий, находящихся в ЗИП; принимается в соответствии с пунктом 1.9 ОСТ 92-1325-83.

Интенсивность отказов изделий при работе и хранения берется из справочников по характеристикам надежности изделий.

2.4.2 Методика определения состава ЗИП

2.4.2.1 Методика определения номенклатуры запасных частей

Номенклатура запасных частей определяется методом инженерного анализа спецификаций сборочных и монтажных чертежей с учетом:

- надежности изделий, входящих в состав ЗИП;
- технического ресурса изделий;
- возможности случайного повреждения изделий;
- квалификации личного состава расчета;
- времени, необходимого для проведения замены отказавших изделий;
- возможности замены отказавших изделий в условиях эксплуатации;

- периодичности пополнения ЗИП;
- стоимости запасных частей.

В номенклатуру запасных частей включаются:

- изделия, непосредственно влияющие на работоспособность комплекта и не являющиеся практически безотказными;
- изделия, отказ которых ведет к возникновению аварийной ситуации и назначенный ресурс которых меньше назначенного ресурса агрегата;
- изделия, необходимые для проведения ремонтно-восстановительных работ, технического обслуживания и контроля технического состояния;
- изделия, которые в результате эксплуатации могут быть повреждены.

Анализ спецификаций чертежей проводится с целью выделения изделий, которые не могут рассматриваться как объект включения в номенклатуру запасных частей. К таким изделиям относятся базовые изделия (рама, каркас, корпус, стрела и т.п.), силовые изделия, в конструкции которых заложены высокие запасы прочности, обуславливающие их высокую надежность (валы, оси, шестерни, кронштейны и т.п.), а также изделия, замена которых возможна лишь в заводских условиях.

Номенклатура запасных частей, определенная методом инженерного анализа, приведена в таблице 2.3.

2.4.2.2 Методика определения количества запасных частей

Количество запасных частей X_j для каждой позиции определяется по таблице ОСТ 92-1325-83, исходя из величины вероятности отсутствия запасной части в комплекте ЗИП α и ожидаемого среднего числа отказов изделий m_j .

Ожидаемое среднее число отказов j -ой позиции номенклатуры ЗИП определяется по формуле:

$$m_j = \lambda_{рj} \cdot T_{рj} + \lambda_{хрj} \cdot T_{хрj} , \quad (18)$$

где m_j - Ожидаемое среднее число отказов изделий j -ой позиции номенклатуры;

$\lambda_{рj}$ - Интенсивность отказов изделий j-ой позиции номенклатуры при работе;

$T_{рj}$ - Суммарная наработка изделий j-ой позиции номенклатуры за расчетный срок эксплуатации ЗИП;

$\lambda_{хрj}$ - Интенсивность отказов изделий j-ой позиции номенклатуры при хранении;

$T_{хрj}$ - Суммарное время хранения.

Суммарное время хранения $T_{хрj}$ изделий j-ой позиции номенклатуры ЗИП определяется по формуле:

$$T_{хрj} = T_{зип} \cdot n_j - T_{рj} , \quad (19)$$

где $T_{зип}$ - Расчетный срок эксплуатации ЗИП;

n_j - Количество изделий j-ой позиции номенклатуры, установленные на комплекте.

В случае, когда m_j превышает 21,0, приведенное в таблице ОСТ 92-1325-83, количество запасных частей изделий X_j определяется по формуле:

$$X_j = m_j + t_{\alpha} \cdot (m_j) \cdot 0.5, \quad (20)$$

где t_{α} – коэффициент зависит от принятой единицы вероятности отсутствия запасной части в комплекте ЗИП для $\alpha = 0,1$ $t_{\alpha} = 1,282$.

2.4.2.3 Методика определения остатка срочного пополнения

Под остатком, определяющим необходимость срочного пополнения, понимается количество запасных частей каждой позиции номенклатуры, по достижении которого эксплуатирующей организацией подается заявка на восполнение комплекта запасных частей. Остаток, определяющий необходимость срочного пополнения, назначается с целью постоянного обеспечения в процессе эксплуатации запасными частями на случай, когда их фактический расход превышает расчетный.

Остаток, определяющий необходимость срочного пополнения $X_{сп}$ устанавливается:

- при количестве запасных частей по каждой позиции номенклатуры $X_j \leq 5$
- при количестве запасных частей по каждой позиции номенклатуры по следующей формуле:

$$X_{сп} = 0,2 \cdot X_j, \quad (21)$$

где $X_{сп}$ - Остаток, определяющий необходимость срочного пополнения;

X_j - Количество запасных частей изделий j -ой позиции номенклатуры.

В таблице 2.3 представлены исходные данные и результаты расчета количества запасных частей.

Таблица 2.3 – Исходные данные и результат расчета количества запасных частей

Наименование	n, шт	m_0	X_0 , шт	$X_{сп}$, шт
Болт М12	96	-	4	0
Болт М24	84	-	4	0
Винт М6	616	-	30	6
Втулка	8	-	1	0
Гайка М12	192	-	4	0
Гайка М24	254	-	20	2
Зажим наборный	75	-	10	2
Звено	4	-	2	0
Зуммер ЗМ-1М	1	-	1	0
Модуль питания	1	-	1	0
Колесо	56	-	5	1
Кольцо	200	-	10	2
Контактор	1	-	1	0

Продолжение таблицы 2.3

Пускатель электромагнитный	2	-	1	0
Контроллер программируемый логический	1	-	1	0
Светодиодная коммутаторная лампа	1	-	1	0
Ложемент	127	-	8	2
Манометр МП-160КсС-16	11	-	2	0
Манометр МП-160КсС-40	11	-	2	0
Манометр МП-160КсС-60	11	-	2	0
Манометр МТИ 1216-0,6	11	-	2	0
Манометр МТИ 1216-600	11	-	2	0
Манометр МП-100С-160	11	-	2	0
Масленка	14	-	4	0
Маяк проблесковый С 24-21	2	-	1	0
Модуль интерфейса	1	-	1	0

Продолжение таблицы 2.3

Программируемый контроллер с сенсорным графическим экраном	1	-	1	0
Переключатель OptiSwitch	1	-	1	0
Подшипник	200	-	6	1
Подушка	18	-	4	0
Провод заземления	30	-	6	1
Преобразователь частоты векторный	1	-	1	0
Ролик	48	-	3	0
Ролик в сборе	16	-	2	0
Розетка	1	-	1	0
Соединитель к бесконтактными выключателями	2	-	1	0
Светильник светодиодный осветительный	2	-	1	0
Стопор	6	-	1	0
Табло электронное ИМПУЛЬС	1	-	1	0
Трос	100	-	6	2
Тумблер	1	-	1	0
Фиксатор	20	-	3	0

Продолжение таблицы 2.3

Фильтр гидравлический	8	-	1	0
Шайба	1472	-	40	8
Шплинт	104	-	10	2
Штифт	28	-	4	0
Штырь	100	-	2	0
Электродвигатель	1	-	1	0

В графах таблицы приведены исходные данные для расчета количества запасных частей, в графе 3 – ожидаемое среднее число отказов изделий m_0 , в графе 4 – количество запасных частей ЗИП-0 X_0 , в графе 5 – остаток срочного пополнения ЗИП – $X_{сп}$.

2.5 Расчет количественных показателей уровня стандартизации и унификации

2.5.1 Обоснование стандартизации и унификации КМТО

Применение материалов (марок металлов), посадок, резьб, покрытий, линейных размеров, а также комплектующих изделий проводилось в соответствии с ограничителем применяемости материалов и нормативно-технической документацией, разрешенной для применения на предприятии.

Конструкция КМТО при изготовлении не требует оригинальной технологии и предусматривает типовые технологические процессы предприятия-изготовителя и типовые стандартные средства измерения и методы испытаний.

Разработанные оригинальные составные части КМТО имеют перспективу применения в аналогичных дальнейших разработках.

В разработанном КМТО реализованы принципы технически-целесообразной стандартизации и унификации изделий.

Анализ, обоснование и расчет уровня стандартизации и унификации КМТО проведены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

2.5.2 Коэффициент применяемости составных частей КМТО

Коэффициент применяемости составных частей КМТО $K_{пр}$ определяется по типоразмерам в процентном выражении по формуле:

$$K_{пр} = \frac{n-n_0}{n} \cdot 100\% = 95,0 \%, \quad (22)$$

где $n = n_{ст} + n_y + n_з + n_{п} + n_0$ – общее количество типоразмеров составных частей комплекта

$$n = 6318 \text{ шт.},$$

где $n_{ст} = 1408$ шт. – количество стандартных типоразмеров;

$n_y = 242$ шт. – количество унифицированных типоразмеров;

$n_з = 4168$ шт. – количество заимствованных типоразмеров;

$n_{п} = 185$ шт. – количество покупных типоразмеров;

$n_0 = 315$ шт. – количество оригинальных типоразмеров.

2.5.3 Коэффициенты применяемости по группам составных частей

Коэффициент применяемости стандартных типоразмеров рассчитывается по формуле:

$$K_{пр.ст} = \frac{n_{ст}}{n} \cdot 100\% = 22,2 \%. \quad (23)$$

Коэффициент применяемости унифицированных типоразмеров рассчитывается по формуле:

$$K_{пр.у} = \frac{n_y}{n} \cdot 100\% = 3,83 \%. \quad (24)$$

Коэффициент применяемости заимствованных типоразмеров рассчитывается по формуле:

$$K_{пр.з} = \frac{n_з}{n} \cdot 100\% = 65,9 \%. \quad (25)$$

Коэффициент применяемости покупных типоразмеров рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{пр.п}} = \frac{n_{\text{п}}}{n} \cdot 100\% = 2,92 \%. \quad (26)$$

2.5.4 Коэффициент повторяемости составных частей КМТО

Коэффициент повторяемости составных частей КМТО рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{п}} = \frac{N}{n} = 6,54, \quad (27)$$

где N – общее количество составных частей всех категорий КМТО, определено по формуле:

$$N = N_{\text{ст}} + N_{\text{у}} + N_{\text{з}} + N_{\text{п}} + N_{\text{о}} = 41327 \text{ шт.},$$

где $N_{\text{ст}} = 10206$ шт. – количество стандартных деталей;

$N_{\text{у}} = 1133$ шт. – количество унифицированных деталей;

$N_{\text{з}} = 26529$ шт. – количество заимствованных деталей;

$N_{\text{п}} = 1531$ шт. – количество покупных деталей;

$N_{\text{о}} = 1928$ шт. – количество оригинальных деталей.

По результатам расчета было получено:

- коэффициент применяемости $K_{\text{пр}}$ достиг значения 95,0 %;

- значение коэффициента повторяемости $K_{\text{п}}$ равно 6,54.

2.6 Выводы по результатам расчетов

В результате расчета на прочность было установлено, что части КМТО, а точнее консоль, площадка, кронштейн, колонна и рамы 1 и 2 соответствуют главному условию прочности и могут быть введены в эксплуатацию для работ с РН «Ангара».

В результате расчета надежности получено проектное значение ВБР комплекта за один цикл подготовки изделия к пуску равно 0,999442. Полученный

показатель надежности комплекта удовлетворяет требованиям ТЗ, а значит оборудование надежно и подходит для проведения работ [1].

В результате расчета состава ЗИП было установлено количество запасных частей для комплекта ЗИП.

По результатам расчета коэффициентов унификации и спецификации было получено:

- коэффициент применяемости $K_{пр}$ достиг значения 95,0 %;
- значение коэффициента повторяемости $K_{п}$ равно 6,54.

В технологической части выпускной квалификационной работы подробно рассмотрен комплект механотехнологического оборудования, его состав и основные предъявляемые требования к нему, а также порядок проведения работ с РН в техническом комплексе.

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Постановка задачи

В технологической части приведены общие сведения о комплекте, а также список требований, предъявляемых к нему.

Комплект механотехнологического оборудования с заимствованным и вновь спроектированным оборудованием следует рассмотреть для предпусковых сборочных работ, так как правильнее использовать уже имеющееся оборудование, а не использовать абсолютно новое оборудование.

В этой части выпускной квалификационной работы рассмотрен так же порядок проведения работ на УТК РН КЦ «Восточный».

3.2 Общие сведения о комплекте

Комплект предназначен для проведения полного цикла работ по проведению подготовки и сборки составных частей РН, поступающих из хранилища на космодроме Восточный. Комплект обеспечивает прием (разборку) РН с рабочего места и РКН в случае не состоявшегося пуска [2].

Комплект состоит из шести основных частей:

- комплект грузозахватных приспособлений;
- комплект монтажно-стыковочного оборудования;
- комплект средств обслуживания;
- комплект вспомогательного оборудования;
- комплект ЗИП;
- комплект средств технического освидетельствования.

Разработанные оригинальные составные части КМТО имеют перспективу применения в аналогичных дальнейших разработках.

В состав КМТО входят составные части, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Составные части КМТО

Наименование	Количество
Комплект механотехнологического оборудования УТК РН "Ангара-А5" МИК РН, РКН "Союз-2":	1 комплект
Комплект грузозахватных приспособлений в составе:	1 комплект
Траверса	3 шт.
Подвеска	6 шт.
Манипулятор для установки РДТТ	2 шт.
Комплект стропов	1 комплект
Захват	1 шт.
Комплект демпферов	1 комплект
Комплект переходников	1 комплект
Стяжка	2 шт.
Захват	6 шт.
Петля	2 шт.
Комплект монтажно- стыковочного оборудования в составе:	1 комплект
Комплект соединительных элементов	1 комплект
Комплект проставок	1 комплект
Стапель	1 шт.
Ложемент	10 шт.
Ферма передняя	1 шт.
Ферма задняя	1 шт.
Тележка базовая	3 шт.
Тележка	14 шт.
Ложемент	10 шт.
Опора тарированная	1 шт.

Опора с двумя ложементами	1 шт.
Опора	1 шт.
Комплект средств обслуживания в составе:	1 комплект
Агрегат обслуживания	3 шт.
Площадка	38 шт.
Комплект вспомогательного оборудования:	1 комплект
Ферма кабельная поворотная	1 шт.
Кассета	2 шт.
Путь рельсовый	1 шт.
Комплект опор	1 комплект
Подставка	10 шт.
Устройство обезвешивания	9 шт.
Стол	10 шт.
Комплект защиты электрических кабелей	1 комплект
Комплект стеллажей	1 комплект
Кантователь	1 шт.
Комплект ЗИП	1 комплект
Комплект средств технического освидетельствования	1 комплект

3.3 Требования к комплекту

Комплект механотехнологического оборудования УТК РН «Ангара-А5» в МИК РН, РКН «Союз-2» должен обеспечивать:

-проведение полного цикла работ по подготовке и сборке составных частей РН, поступающих из хранилища СЧ РКН «Ангара-А5».

-прием (разборку) РН «Ангара-А5» с рабочего места РКН «Ангара-А5» в случае несостоявшегося пуска.

- снятие ракетного блока II ступени с транспортировочных тележек;
- установку ракетного блока II ступени на РМ ПИ. Снятие комплекта ФОРУ с ракетного блока II ступени;
- снятие с ракетного блока II ступени (бокового блока ракетного блока I ступени) днища защитного заднего;
- установку днища защитного заднего ракетного блока II ступени (бокового блока ракетного блока I ступени) на подставку;
- снятие с ракетного блока II ступени днища защитного переднего;
- установку днища защитного переднего ракетного блока II ступени на подставку;
- снятие отсека промежуточного с транспортировочных тележек;
- установку отсека промежуточного на РМ ПИ;
- снятие технологического днища отсека промежуточного;
- установку технологического днища отсека промежуточного на подставку;
- стыковку отсека промежуточного с ракетным блоком II ступени;
- снятие с отсека промежуточного технологического отсека;
- установку технологического отсека, отсека промежуточного на подставку;
- выгрузку переходного блока БРС-Г-КП из ящика транспортировочного;
- установку переходного блока БРС-Г-КП на стыковочное устройство агрегата обслуживания на РМ ПИ;
- стыковку стартовых опор ракетного блока II ступени к агрегату обслуживания. Стыковку переходного блока БРС-Г-КП к бортовой плате ракетного блока II ступени. Стыковку наземных пневмо- и гидрокоммуникаций к БРС-Г-КП и АС-О. Сборку схем электро- и пневмопроверок. Проведение проверок и испытаний;
- снятие фермы задней с подставки;
- пристыковку фермы задней к стартовым опорам ракетного блока II ступени;
- снятие фермы передней с подставки;

- пристыковку фермы передней к кольцу силовому промежуточного отсека ракетного блока II ступени;
- снятие ракетного блока II ступени с РМ ПИ;
- установку ракетного блока II ступени в стапель;
- подготовку ракетного блока II ступени к стыковке с боковыми блоками ракетного блока I ступени. Установку и герметизацию гаргротов;
- снятие бокового блока № 3 (№ 1, № 2, № 4) ракетного блока I ступени с транспортировочных тележек;
- установку бокового блока № 3 (№ 1, № 2, № 4) ракетного блока I ступени на РМ ПИ. Снятие комплекта ФОУ с бокового блока № 3 (№ 1, № 2, № 4) ракетного блока I ступени;
- стыковку стартовых опор бокового блока № 3 (№ 1, № 2, № 4) ракетного блока I ступени к агрегату обслуживания. Стыковку переходного блока БРС-Г-КП к бортовой плате бокового блока № 3 (№ 1, № 2, № 4) ракетного блока I ступени. Стыковку наземных пневмо- и гидрокommunikаций к БРС-Г-КП и АС-О. Сборку схем электро- и пневмопроверок. Проведение проверок и испытаний;
- перегрузку бокового блока № 3 (№ 1, № 2, № 4) ракетного блока I ступени на РМ перегрузки боковых блоков РН для сборки "пакета";
- поворот ракетного блока II ступени в стапеле. Поворот бокового блока № 3 ракетного блока I ступени на опорах монтажно-стыковочных тележек. Перемещение бокового блока № 3 ракетного блока I ступени на тележках на РМ сборки пакета. Пристыковку бокового блока № 3 ракетного блока I ступени к ракетному блоку II ступени, отведение опор тележек. Выкатывание тележек из-под стапеля;
- монтаж пневмотолкателей бокового блока № 3 (№ 1) ракетного блока I ступени. Установку пиросредств. Установку антенн АФУ СТИ на боковой блок № 3 (№ 1) ракетного блока I ступени. Установку и герметизацию гаргротов. Установку плат отрывных соединителей и стыковку ЭС между боковым блоком № 3 (№ 1) ракетного блока I ступени и ракетным блоком II ступени;
- поворот пакета в стапеле. Поворот бокового блока № 1 ракетного блока I ступени на опорах монтажно-стыковочных тележек. Перемещение бокового

блока № 1 ракетного блока I ступени на тележках на РМ сборки пакета. Пристыковку бокового блока № 1 ракетного блока I ступени к ракетному блоку II ступени, отведение опор тележек. Выкатывание тележек из-под стапеля;

-поворот пакета в стапеле. Поворот бокового блока № 2 ракетного блока I ступени на опорах монтажно-стыковочных тележек. Перемещение бокового блока № 2 ракетного блока I ступени на тележках на РМ сборки пакета. Пристыковку бокового блока № 2 ракетного блока I ступени к ракетному блоку II ступени, отведение опор тележек. Выкатывание тележек из-под стапеля;

-монтаж пневмотолкателей бокового блока № 2 (№ 4) ракетного I ступени. Установку пиросредств. Установку антенн АФУ СТИ на боковой блок № 2 (№ 4) ракетного блока I ступени. Установку и герметизация гаргротов. Установку плат отрывных соединителей и стыковка ЭС между боковым блоком № 2 (№ 4) ракетного блока I ступени и ракетным блоком II ступени;

-поворот пакета в стапеле. Поворот бокового блока № 4 ракетного блока I ступени на опорах монтажно-стыковочных тележек. Перемещение бокового блока № 4 ракетного блока I ступени на тележках на РМ сборки пакета. Пристыковку бокового блока № 4 ракетного блока I ступени к ракетному блоку II ступени, отведение опор тележек. Выкатывание тележек из-под стапеля;

-проверку герметичности системы тяг пневмотолкателей. Монтаж кожухов и обтекателей пневмотолкателей;

-поворот "пакета" в стапеле. Снятие "пакета" со стапеля;

-установку пакета на РМ сборки РН;

-отстыковку фермы передней от "пакета";

-отстыковку фермы задней от "пакета";

-отстыковку кольца силового от ракетного блока II ступени;

-пристыковку кольца силового к технологическому отсеку отсека промежуточного, находящегося на подставке;

-проведение электропроверок пакета;

-подготовку "пакета" к стыковке с ракетным блоком III ступени;

-снятие ракетного блока III ступени с транспортировочных тележек;

- установку ракетного блока III ступени на РМ испытаний ракетного блока III ступени;
- снятие отсека технологического заднего с ракетного блока III ступени;
- установку отсека технологического заднего ракетного блока III ступени на подставку;
- снятие отсека технологического переднего с ракетного блока III ступени;
- установку отсека технологического переднего ракетного блока III ступени на подставку;
- открепление рамы от ящика. Выгрузку переходного блока БРС-О (БРС-Г) с рамой из ящика;
- открепление переходного блока БРС-О (БРС-Г) от рамы. Установку захвата на переходный блок БРС-О (БРС-Г). Выгрузку переходного блока БРС-О (БРС-Г) из рамы;
- установку переходного блока БРС-О (БРС-Г) в кантователь. Фиксацию переходного блока БРС-О (БРС-Г) штырями;
- подготовку переходного блока БРС-О (БРС-Г) к установке. Кантование переходного блока БРС-О (БРС-Г). Фиксацию переходного блока БРС-О (БРС-Г) штырями;
- снятие переходного блока БРС-О (БРС-Г) с кантователя. Снятие захвата с переходного блока БРС-О (БРС-Г);
- установку переходных блоков БРС-О, БРС-Г на плиты бортовые ракетного блока III ступени;
- установку отрывных плат БРС-Э1, БРС-Э2 на бортовые платы ракетного блока III ступени;
- установку блока отрывного ВСОТР-КГЧ;
- подготовку кабелей разового применения к стыковке. Укладку кабелей разового применения в кассету;
- установку кассет с кабелями на ферму кабельную поворотную, стыковку кабелей с перестыковочной платой ППЗ и БРС-Э1, стыковку пневмомагистралей к БРС-О и БРС-Г, проведение электро- и пневмопроверок ракетного блока III

ступени. Перегрузку кассеты с кабелями на место подготовки кабелей разового применения;

- установку РДТТ на ракетный блок III ступени;

- снятие ракетного блока III ступени с РМ испытаний ракетного блока III ступени;

- установку ракетного блока III ступени на РМ сборки РН;

- стыковку ракетного блока III ступени со пакетом;

- установку плат отрывных соединителей и стыковка ЭС между ракетными блоками II и III ступеней;

- установку обтекателей блоков электрических и оптических соединителей на отсек промежуточный;

- установку обтекателей блоков электрических и оптических соединителей на ракетный блок III ступени;

- установку кассет с кабелями разового применения на ферму кабельную поворотную. Стыковку кабелей с перестыковочными платами ПП1, ПП2 и БРС-Э1, БРС-Э2. Подстыковку кабелей ЭС-КП. Проведение электропроверок РН;

- проверку системы автоматики РД 191;

- установку и подключение ББ СУ, ББ СТИ. Установку РДТТ на промежуточный отсек;

- обслуживание РН после стыковки пакета с ракетным блоком III ступени;

- установку отсека технологического переднего на опоры транспортного агрегата;

- пристыковку переходника транспортного агрегата к отсеку технологическому переднему;

- пристыковку технологического днища отсека промежуточного к переходнику транспортного агрегата. Удаление съемных опор транспортного агрегата. Укладку сборки технологическим днищем на опору транспортного агрегата;

- установку отсека технологического заднего на опоры транспортного агрегата;

- установку сборки технологического отсека, отсека промежуточного и кольца силового на опоры транспортного агрегата;
- кантование днища защитного переднего;
- снятие днища защитного переднего с подставки;
- установку днища защитного переднего на опоры транспортного агрегата;
- снятие днища защитного заднего с подставки и его кантование;
- установку днища защитного заднего на опоры транспортного агрегата;
- прием с УТК РКН, разгрузку, обслуживание и подготовку блоков РН к проведению испытаний РН в электропакете в случае несостоявшегося пуска или при обнаружении неисправности в ходе электропроверок РКН в сборе;
- доступ к люкам и зонам обслуживания РН для замены приборов и агрегатов РН [2].

В экономической части ВКР проведена экономическая эффективность работ по стандартизации и унификации.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Постановка задачи

Экономическая эффективность работ по стандартизации и унификации показывает, как данные работы помогут сократить затраты и сэкономить бюджет.

4.2 Оценка экономической эффективности работ по стандартизации и унификации

Экономический эффект (ЭЭ) от работ по унификации определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{кд}} + \mathcal{E}_{\text{оп}} + \mathcal{E}_{\text{исп}}, \quad (28)$$

где $\mathcal{E}_{\text{кд}}$, $\mathcal{E}_{\text{оп}}$, $\mathcal{E}_{\text{исп}}$ – ЭЭ от работ по унификации при разработке конструкторской документации (КД), изготовлении (ОП) и испытаний (ИСП) опытных образцов.

ЭЭ при разработке КД КМТО обуславливается экономией средств за счет применения стандартных, унифицированных, заимствованных и покупных типоразмеров составных частей и определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{кд}} = 0,7 \cdot \sum_{i=1}^N T_i \cdot P, \quad (29)$$

где 0,7 – коэффициент, учитывающий фактическую экономию при проектировании КМТО (затраты на проектирование принимаются равными 1, а затраты на поиск и подбор заимствованных, покупных, унифицированных, стандартизированных составных частей – равными 0,5);

N – количество примененных стандартных, унифицированных, заимствованных, покупных типоразмеров составных частей;

T_i – трудоемкость разработки одного типоразмера, чел.день;

P – стоимость человека-дня в конструкторском подразделении, руб/чел.день.

Исходные данные для расчета ЭЭ при разработке КД приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Наименование	Условное обозначение	Значение
Количество примененных деталей составных частей, шт.:		
стандартных	$N_{ст}$	10206
унифицированных	$N_{ун}$	1133
заимствованных	$N_з$	26529
покупных	$N_п$	1531
Трудоемкость разработки одного типоразмера, чел.день:		
стандартного	$T_{ст}$	1,65
унифицированного	$T_{ун}$	3,66
заимствованного	$T_з$	3,66
покупного	$T_п$	1,65
Полная стоимость одного чел.дня в конструкторском подразделении, руб/день	P	6640

Согласно формуле (29):

$$Э_{кд} = 560590,4 \text{ тыс. руб.}$$

ЭЭ от работ по стандартизации и унификации при изготовлении опытного образца КМТО образуется за счет использования стандартных, унифицированных, заимствованных и покупных составных частей и определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{оп}} = C_{\text{оп}} \cdot \frac{\alpha \cdot K_{\text{пр}}}{(1 - \alpha \cdot K_{\text{пр}})} \cdot N, \quad (30)$$

где $C_{\text{оп}}$ – затраты на изготовление опытного образца;

N – количество опытных образцов;

α – коэффициент, учитывающий снижение затрат на изготовление опытного образца за счет применения стандартных, унифицированных, заимствованных и покупных составных частей;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент применяемости по типоразмерам.

Исходные данные для расчета $\mathcal{E}_{\text{оп}}$ приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Исходные данные для расчета $\mathcal{E}_{\text{оп}}$

Наименование	Условное обозначение	Значение
Затраты на изготовление опытного образца КМТО, тыс.руб.	$C_{\text{оп}}$	321398
Коэффициент, учитывающий снижение затрат за счет применения стандартных, унифицированных, заимствованных, покупных составных частей	α	0,9
Коэффициент применяемости	$K_{\text{пр}}$	0,95

Количество опытных образцов, шт.	N	1
----------------------------------	---	---

Согласно формуле (30):

$$\mathcal{E}_{\text{оп}} = 1895139,93 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от работ по унификации при испытании опытных образцов изделий в соответствии с формулами ОСТ 92-4363-85 находится в прямо пропорциональной зависимости от количества сокращенных (в результате унификации) опытных образцов изделий для проведения испытаний.

Для проведения испытаний КМТО опытный образец один, вследствие этого экономический эффект от работ по унификации КМТО при испытании $\mathcal{E}_{\text{исп}}$ принимается равным нулю.

$$\mathcal{E}_{\text{исп}} = 0.$$

Экономический эффект от работ по унификации составляет:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{кд}} + \mathcal{E}_{\text{оп}} + \mathcal{E}_{\text{исп}} = 2455730,33 \text{ тыс. руб} \quad (31)$$

Экономический эффект от проведенной стандартизации и унификации работ при разработке КД и изготовлении КМТО составил 2455730,33 тыс. руб.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Постановка задачи

Помещения и места работы должны соответствовать ряду правил безопасности и требований для обеспечения безопасных условий труда рабочих.

5.2 Требования к системе освещения

Освещение помещений должно соответствовать требованиям СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Освещенность в каждом помещении не менее 350 лк на уровне 0,8 м от пола, а освещенность рабочих мест оператора (стол для работы с документацией, стол оператора) – от 350 до 400 лк.

В помещениях должно быть предусмотрено аварийное освещение от автономного источника питания.

5.3 Требования к температурно-влажностному режиму в помещениях

- температура окружающей среды от плюс 18°С до плюс 25°С,
- относительная влажность воздуха до 80 %, при 20° С,
- атмосферное давление 760 ± 25 мм рт.ст.
- запылённость воздуха – не более 2 мг/м³.
- вентиляция должна обеспечивать не менее чем трехкратный воздухообмен в помещениях в час.

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в помещении должно соответствовать требованиям СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

5.4 Общие указания по безопасности

Правила имеют целью обеспечить безопасность обслуживающего персонала.

Ответственным за обеспечение и соблюдение правил техники безопасности при работах, проводимых на оборудовании систем возлагается на руководителя работ.

К техническому обслуживанию системы допускаются лица, имеющие удостоверение на право допуска к работе и сдавшие зачет по знанию устройства системы, мерам безопасности, знанию правил пользования средствами индивидуальной защиты (СИЗ), правил пользования средствами связи и пожарным оборудованием рабочего места, оказания первой медицинской помощи пострадавшим. Лицам, сдавшим зачет, должны быть выданы удостоверения на право допуска к работе. Допуск должен быть оформлен приказом по эксплуатирующей организации.

При проведении работ необходимо:

- А) соблюдать меры безопасности, изложенные в инструкции, техническом описании и инструкциях, действующих в эксплуатирующей организации;
- Б) следить, чтобы проходы для обслуживания не загромождались;
- В) следить, чтобы рабочие места были равномерно освещены.

5.5 Правила пожарной безопасности

Все работники предприятий должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа (вводного, первичного), а при необходимости проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном руководителем.

На каждом предприятии приказом (инструкцией) должен быть установлен противопожарный режим и назначена пожарно-техническая комиссия, возглавляемая главным инженером или лицом его замещающим.

В соответствии с требованиями «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации» ППБ-01-03, введенными в действие приказом МЧС России от 30.07.2003 № 313, приказом (распоряжением) по организации должны быть определены и регламентированы:

- оборудованные места для курения;
- порядок уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды;
- порядок отключения электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня, недели;

- порядок проведения временных огневых работ и других пожароопасных работ, порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы, действия работников при обнаружении пожара;

- порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму (маляры, кладовщики, сварщики и т.д.), а также назначены ответственные за их проведение;

- назначение ответственных лиц за противопожарное состояние корпусов, подразделений, помещений;

- порядок содержания сетей противопожарного водоснабжения;

- порядок оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией.

В зданиях и сооружениях при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны, согласованы с пожарной охраной и вывешены на видных местах планы эвакуации людей в случае пожара, а также предусмотрены системы оповещения людей о пожаре.

Руководитель объекта с массовым пребыванием людей (50 человек и более) в дополнение к плану эвакуации обязан разработать инструкцию, определяющую действия персонала по обеспечению быстрой и безопасной эвакуации людей, по которой не реже одного раза в полугодие должны проводиться практические тренировки.

5.6 Правила электробезопасности

Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. Электротехнический (электротехнологический) персонал обязан пройти проверку знаний норм и правил работы в электроустановках в пределах требований, предъявляемых к соответствующей должности или профессии, и иметь соответствующую группу по электробезопасности. Работнику, прошедшему проверку знаний по охране труда при эксплуатации электроустановок, выдается удостоверение установленного образца, в которое вносятся результаты проверки знаний.

Работники, обладающие правом проведения специальных работ, должны иметь об этом запись в удостоверении. Под специальными работами в данном случае следует понимать:

- верхолазные работы;
- работы под напряжением на токоведущих частях, обмыв и за-мена изоляторов, ремонт проводов, контроль измерительной штангой изоляторов и соединительных зажимов, смазка тросов;
- испытания оборудования повышенным напряжением (за исключением работ с мегаомметром).

Перечень специальных работ может быть дополнен указанием работодателя с учетом местных условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы было установлено, что заимствованное оборудование подходит для проведения предпусковых сборочных работ РН «Ангара».

В результате расчета на прочность было установлено, что части КМТО, а точнее консоль, площадка, кронштейн, колонна и рамы 1 и 2 соответствуют главному условию прочности и могут быть введены в эксплуатацию для работ с РН «Ангара».

В результате расчета надежности получено проектное значение ВБР комплекта за один цикл подготовки изделия к пуску равно 0,999442. Полученный показатель надежности комплекта удовлетворяет требованиям ТЗ, а значит оборудование надежно и подходит для проведения работ.

В результате расчета состава ЗИП было установлено количество запасных частей для комплекта ЗИП.

По результатам расчета коэффициентов унификации и спецификации было получено:

- коэффициент применяемости $K_{пр}$ достиг значения 95,0 %;
- значение коэффициента повторяемости $K_{п}$ равно 6,54.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Техническое задание ТЗ.100-АМУР-РН-КМТО-182-17
- 2 Материалы рабочей документации (спецификации и чертежи).
- 3 Справочные материалы. – М: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 1994..