

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.В. Кузовников
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 ____ г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Красноярск 2024

Студенту Козыреву Антону Сергеевичу

фамилия, имя, отчество

Группа МТ 22-04 Направление (специальность): 15.04.05

номер

код

«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы: «Совершенствование технологии монтажа прибора блока управления бортового комплекса управления с помощью специализированной оснастки»

Утверждена приказом по университету № 8094/с от 14.05.2024

Руководитель ВКР:

В.В. Двирный, профессор кафедры, д-р техн.наук, МБК ПФиКТ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Перечень разделов ВКР:

1 Бортовой комплекс управления.

2 Монтаж БУ БКУ.

3 Механический анализ захвата для прибора БУ БКУ.

4 Программа и методика отработки технологии монтажа БУ БКУ с помощью захвата.

Перечень графического материала представлен в виде слайдов презентации в количестве 14 штук.

Руководитель ВКР

В.В. Двирный

подпись

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

А.С. Козырев

подпись

инициалы и фамилия студента

«___» _____ 20__ г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Совершенствование технологии монтажа прибора блока управления бортового комплекса управления с помощью специализированной оснастки» содержит 78 страниц текстового документа, 17 использованных источников.

Цель работы: создание специализированной оснастки для монтажа прибора БУ БКУ.

К задачам создания специализированной оснастки относятся:

- повысить технологичность монтажа прибора БУ БКУ;
- сократить время монтажа прибора БУ БКУ.

В ходе написания диссертации была собрана информация об БУ БКУ и проанализирована технология его монтажа в настоящее время. Была разработана специализированная оснастка захват, проведен его механический анализ и разработана программа и методика отработки технологии монтажа БУ БКУ с помощью захвата.

В первом разделе работы представлен обзор приборов, устанавливаемых на КА, информация об бортовом комплексе управления, обзор различных манипуляторов.

Во втором разделе выявлена проблема в технологии монтажа прибора БУ БКУ и представлены исходные данные и чертежи для изготовления захвата.

В третьем разделе проведен механический анализ на статические и динамические нагрузки захвата для прибора БУ БКУ.

В четвертом разделе представлена программа и методика отработки технологии монтажа БУ БКУ с помощью захвата.

В результате проведенной работы удалось разработать специализированную оснастку в виде захвата, которая позволяет повысить технологичность и сократить время технологии монтажа прибора БУ БКУ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Бортовой комплекс управления.....	10
1.1 Назначение, состав и основные характеристики бортового комплекса управления.....	11
1.2 Режимы работы бортового комплекса управления	15
1.3 Обеспечение надежности бортового комплекса управления.....	19
1.4 Обзор приборов устанавливаемых на космическом аппарате	20
1.5 Блок управления бортового комплекса управления.....	24
1.6 Обзор манипуляторов для монтажа	25
2 Монтаж блока управления бортового комплекса управления	32
2.1 Технология монтажа прибора блока управления бортового комплекса управления на теплопроводящую пасту на сотовую панель.....	32
2.2 Стыковка разъемов типа соединитель низкочастотный прямоугольный .	36
2.2.1 Проверка соединителей перед монтажом и стыковкой:	36
2.2.2 Общие указания.....	37
2.2.3 Требования к механическому монтажу:	38
2.3 Проблема при монтаже прибора блока управления бортового комплекса управления	39
2.4 Решение проблемы с помощью захвата.....	39
2.5 Исходные данные для разработки захвата	41
2.6 Чертежи для изготовления захвата.....	43
3 Механический анализ захвата для прибора блока управления бортового комплекса управления	49
3.1 Общие положения	49
3.2 Описание захвата	50
3.3 Анализ захвата.....	51
3.4 Результаты расчета.....	53
3.5 Анализ результатов расчета	62

4	Программа и методика отработки технологии монтажа блока управления бортового комплекса управления с помощью захвата.....	63
4.1	Объект технологии отработки	65
4.2	Цель и задачи технологии отработки.....	68
4.3	Место и условия проведения технологии отработки	68
4.4	Материально – техническое обеспечение технологии отработки	69
4.5	Объем и последовательность проведения отработки технологии	70
4.6	Методика технологии отработки.....	71
4.7	Порядок взаимодействия организаций, участвующих в отработке технологии	73
	Заключение	74
	Список сокращений	75
	Список использованных источников	77

ВВЕДЕНИЕ

Космические аппараты — это устройства, которые отправляются в космическое пространство со скоростью, превышающей первую космическую скорость. Решение задач управления такими аппаратами включает в себя сбор информации о характеристиках КА, управление через радиосвязь и другие процессы. Нормальное функционирование любого КА зависит от взаимодействия с оборудованием для полетов в космосе. Для успешной работы существующих и планируемых аппаратов необходимо решить множество задач, характерных для всех типов КА. Некоторые из этих задач:

- управление работой систем и оборудования космического аппарата в соответствии с программой полета и его реальным состоянием;
- определение и поддержание ориентации космического аппарата в пространстве;
- обеспечение обмена информацией с наземным комплексом управления;
- управление вращающимися солнечными батареями;
- сбор, хранение, обработка и передача телеметрической информации;
- обеспечение снабжения аппарата электроэнергией;
- поддержание требуемого теплового режима;
- распределение электропитания на космическом аппарате между потребителями;
- определение (прогнозирование) местоположения космического аппарата на орбите.

Основные системы КА представлены:

- бортовой вычислительной системой, которая обеспечивает информационное взаимодействие с бортовыми абонентами и предоставляет свои вычислительные ресурсы для решения задач управления системами и контроля их работы;

- также важной частью является система управления движением и навигации, которая предназначена для управления движением как материальной точки, так и угловым движением КА;

- радиотехнический комплекс, обеспечивающий своевременный обмен информацией между бортовым комплексом управления и наземным комплексом управления, составляет бортовую аппаратуру служебного канала управления или командной радиолинии;

- в систему бортовых измерений входят датчики, формирователи сигналов и устройства обработки данных, предназначенные для сбора, обработки и передачи телеметрической информации в наземный комплекс управления (НКУ) о состоянии системы и процессах на космическом аппарате;

- функции коммутации электропитания, усиления и преобразования электрических сигналов, а также выдача команд управления в системы космического аппарата в соответствии с временными или логическими уровнями выполняются системой управления бортовой аппаратурой.

Системы, необходимые для управления космическим летательным аппаратом, сосредоточены в бортовом комплексе. Более 50 разных систем входят в его состав, обеспечивая функционирование аппарата в космосе. Первоочередной системой является бортовая вычислительная система, которая координирует работу других систем и обеспечивает связь с бортовой аппаратурой. Она способна решать задачи автономного управления, планирования и обеспечивать связь между системами.

Система управления бортовой аппаратурой - вторая важная часть бортового комплекса. Она отвечает за решение задач по управлению, контролю и диагностике бортовых систем. Для своего функционирования система использует данные с датчиков, командные радиолинии, бортовую вычислительную систему, пульта управления. Еще одной ключевой частью комплекса является система управления движением и навигацией, работающая в тесном сотрудничестве с другими компонентами для обеспечения управления движением космического летательного аппарата.

В состав данной системы входит широкий спектр задач, которые она успешно решает. Из них можно выделить стабилизацию летательного аппарата после отделения ракеты-носителя, ориентацию в расчетных режимах, осуществление программных разворотов в любом режиме ориентации и коррекцию орбиты с использованием специальных двигателей. Также она управляет панелями солнечных батарей и проводит операции стыковки и расстыковки. Кроме того, система включает в себя систему бортовых измерений, которая собирает и передает на Землю информацию о состоянии и работе системы, научного оборудования и здоровья членов экипажа. Для обеспечения связи используется бортовой радиокomплекс, который обеспечивает двустороннюю голосовую связь, обмен командно-программной информацией, а также передачу телеметрической и телевизионной информации.

В геостационарной орбите расположен спутник-ретранслятор, который обеспечивает связь через наземные комплексы.

1 Бортовой комплекс управления

Централизованное управление космическим аппаратом, его диагностика и информационный обмен с наземным комплексом осуществляются с помощью бортового комплекса управления (БКУ).

В состав спутниковой платформы "Ресурс-ДК" входит несколько компонентов БКУ, включая бортовой цифровой вычислительный комплекс, бортовую аппаратуру командно-измерительной системы, систему трансляции команд и распределения питания, бортовую аппаратуру системы телеметрических измерений и систему спутниковой навигации.

Бортовой цифровой вычислительный комплекс состоит из нескольких электронно-вычислительных машин (ЭВМ), которые работают по принципу мажоритарного резервирования для повышения надежности.

В условиях ограничений по времени, решение принимается на основе результата большинства ЭВМ, при необходимости происходит перезагрузка отдельных программ и повторный расчет. Диагностика и переключение устройств ЭВМ производятся при наличии резерва времени.

Бортовая аппаратура командно-измерительной системы, совместно с наземной станцией, решает задачи следующего характера.

Снаружи приборного отсека установлена антенна командно-измерительной системы, которая позволяет проводить измерения текущих навигационных параметров наземными пунктами. Для передачи рабочих программ из наземного комплекса управления в бортовую вычислительную сеть используется система трансляции команд и распределения питания. Эта система преобразует сигналы с низкими напряжениями и токами от различных управляющих систем в сигналы с более высокими параметрами, необходимыми для включения мощной бортовой аппаратуры и агрегатов космического аппарата. Массивы контрольной информации получаются из бортового комплекса управления и передаются на наземный комплекс управления.

Для анализа технического состояния и функционирования бортовых систем, агрегатов и конструкции КА используется бортовая аппаратура системы телеметрических измерений. Она собирает, запоминает и передает на наземные приемно-регистрирующие станции необходимую телеметрическую информацию. Также она обеспечивает бортовой комплекс управления телеметрической информацией для задач диагностики.

Также для определения положения и скорости движения центра масс КА и коррекции бортового времени используется система спутниковой навигации.

Основой для построения навигационного обеспечения КА является космическая навигационная система «ГЛОНАСС».

1.1 Назначение, состав и основные характеристики бортового комплекса управления

Совокупность бортовых средств, называемая Бортовым комплексом управления (БКУ), на спутниковой платформе «Экспресс-1000Н», предназначена для централизованного контроля над функционированием бортового оборудования космического аппарата, диагностики его технического состояния и обмена информацией с земным комплексом управления (НКУ). БКУ выполняет следующие функции:

- 1) самостоятельное управление работой бортового оборудования космического аппарата;
- 2) управление работой бортового оборудования космического аппарата по командам, поступающим от НКУ;
- 3) проведение диагностики технического состояния бортового оборудования космического аппарата;
- 4) бортовые системы КА используются для реализации функциональных и вычислительных алгоритмов, предоставляя вычислительные ресурсы (память и машинное время);

5) в случае необходимости вмешательства НКУ, на НКУ выдается аварийный сигнал с формированием информационного массива, раскрывающего причины выдачи аварийного сигнала;

6) телеметрическая информация о текущем состоянии БО КА собирается, обрабатывается и передается на НКУ;

7) для восстановления работоспособности БО КА может быть использовано переключение на резервные агрегаты или изменение режима функционирования КА.

В процессе управления космическим аппаратом необходимо поддерживать синхронизацию с наземным контрольным центром. Это важно для обеспечения точного определения орбитального положения аппарата. Сигналы измерения дальности принимаются и перенаправляются для анализа и использования системой управления.

Бортовой комплекс управления построен по модульному принципу, где основная информационная магистраль - мультиплексный канал обмена. Энергию для работы комплекса поступает от постоянного тока с напряжением 127 В.

На схеме, представленной на рисунке 1, видно, что в состав бортового комплекса управления входят:

- бортовой цифровой вычислительный комплекс (БЦВК) С-32М;
- бортовая аппаратура командно-измерительной системы (БА КИС);
- бортовая аппаратура телесигнализации (БАТС);
- блок управления бортового комплекса управления (БУ БКУ);
- блок интерфейсный бортового комплекса управления (БИ БКУ).



Рисунок 1 - Состав БКУ СП

Блок управления бортовым комплексом управления (БУ БКУ), блок интерфейсный бортового комплекса управления (БИ БКУ) и бортовая аппаратура телесигнализации (БАТС) представляют собой основные элементы системы. Они обеспечивают функционирование и диагностику космического аппарата (КА) на автономной основе.

Бортовой цифровой вычислительный комплекс, являющийся ключевым звеном БКУ, включает в себя специализированные цифровые вычислительные машины, контроллер ввода-вывода, блок коммутации питания с блоком управления и внешнее запоминающее устройство. Реализация алгоритмов управления и автономной диагностики БО КА осуществляется с использованием этого комплекса, что позволяет существенно сократить объем передаваемой на НКУ информации и снизить время принятия решений.

Для согласования работы бортовых систем космического аппарата и передачи информации на наземный контрольно-измерительный пункт (НКУ), бортовая аппаратура командно-измерительной системы принимает командно-программную информацию от НКУ. Она также осуществляет прием и ретрансляцию радиосигналов, которые предназначены для определения расстояния до КА с помощью средств НКУ. Расстояние между средствами НКУ и КА необходимо для расчета орбитальных параметров КА. Кроме того, сигнал передачи телеметрической информации выполняет функцию радиомаяка для наведения антенн потребителей, которые работают с КА.

В арсенале КИС находятся следующие элементы:

- задающий генератор, программа времени;

- два приемника команд с разными частотами;
- дешифратор;
- программно-временное устройство;
- два передатчика с разными частотами для телеметрической информации;
- элементы высоких частот (переключатели, делители, циркуляторы);
- блок низких частот для связи с бортовыми системами;
- две широконаправленные антенны для передачи на НКУ телеметрической информации и сигналов наклонной дальности;
- две антенны для радиосигналов с НКУ, командно-программной информации и сигналов для измерения дальности наклона.

Бортовое оборудование для передачи данных на наземный контрольный центр включает в себя две антенны с широким охватом, предназначенные для передачи информации о наклонном полете и других сигналов.

Система телесигнализации на борту собирает и передает информацию о состоянии космического аппарата в центр управления.

В зависимости от типа информации, система обеспечивает сбор данных с аппаратных и программных источников, таких как аналоговые и цифровые сенсоры. Модули системы включают в себя формирование телеметрических кадров, температурные, аналоговые и цифровые датчики, а также управление питанием.

Блок управления бортового комплекса управления предназначен для выдачи команд управления бортовыми системам КА и коммутации электропитания. Он включает в себя центральный приборный модуль и модули сопряжения с бортовыми системами КА.

Блок интерфейсный бортового комплекса управления служит для управления агрегатами жидкостной системы терморегулирования и электрообогревателями в режимах обеспечения живучести и формирования соответствующей телеметрической информации.

Энергомассовые характеристики БКУ приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Энергомассовые характеристики БКУ

Аппаратура БКУ	Масса, кг	Энергопотребление, Вт
БА КИС	20	60
БАТС	6,5	15
БЦВК	13,4	30
БУ БКУ	27,2	25
БИ БКУ	17,6	35
Итого	91,7	165

1.2 Режимы работы бортового комплекса управления

В зависимости от задач, решаемых БКУ, различают три группы режимов работы БКУ: начальные режимы; режимы штатного функционирования и режимы обеспечения живучести.

Состав режимов каждой группы и их последовательность приведены на рисунке 2.

К начальным относятся следующие режимы работы БКУ: участка выведения, начального включения, начальной подготовки, начальные режимы работы системы управления движением (СУД).

Режимы штатного функционирования БКУ: оперативный контроль и управление, автономный контроль и управление.

Режимы обеспечения живучести: режим отключения нагрузки (РОН) и режим аппаратной солнечной ориентации (РАСО).



Рисунок 2 - Состав режимов обеспечения живучести

В процессе вывода средств и на ранних стадиях эксплуатации БКУ последовательно переходит в начальный режим работы, а затем в обычный режим работы. Переход в режим живучести осуществляется в случае сбоя, связанного с энергосбережением космического аппарата или "зависанием" БЦВК. Это возможно после прохождения первого тренировочного режима. Космический аппарат возвращается к нормальной работе только при первоначальном режиме работы корабля (спокойный режим и первоначальное направление в наземный режим).

Режим стартовой площадки активируется на стартовом комплексе за 30 минут до запуска и заканчивается, когда космический аппарат отделяется от разгонного блока. Для управления космическим аппаратом используется

временная метка, которая подается из системы управления на разгонном блоке в блок управления.

В режиме секции отвода работает следующее оборудование БКУ:

- БУ БКУ по схеме трансляции временных меток от разгонного блока;
- часть оборудования из состава БАТС;
- два передатчика и два генератора телеметрического кадра БА КИС.

В режиме космодрома при полете по промежуточным и переходным траекториям орбитальный блок вращается относительно продольной оси, поэтому предусмотрены меры по улучшению теплового режима, кроме того, включается электронагреватель, установленный на платформе спутника.

Режим первоначального включения гарантирует, что все оборудование ВКУ будет включено после отделения космического аппарата от разгонного блока.

Первый тренировочный режим предназначен для проверки оборудования БКУ и открытия солнечных панелей.

Начальные режимы работы систему управления движения:

- режим начальной подготовки двигательной установки ориентации;
- режим успокоения;
- режим начальной ориентации на Солнце;
- режим начальной ориентации на Землю;
- режим начальной подготовки двигательной установки коррекции;
- режим проверочных включений двигательной установки коррекции.

Перечень операций, выполняемых в первом режиме работы СУД, приведен в разделе 4.

Режим обычной работы: автономный контроль и управление, а также оперативный контроль и управление управляемостью.

Для автономного мониторинга и управления используется только внутренняя схема управления космического аппарата. В ходе эксплуатации и управления из НКУ привлекаются дополнительные средства.

В процессе управления и контроля решаются следующие задачи:

- управление целевым и служебным бортовым оборудованием в соответствии с программой работ, заложенной в БКУ;
- контроль работы бортового оборудования КА;
- передача отчетной и телеметрической информации на НКУ;
- коррекция программы работы КА и алгоритмов контроля бортового оборудования.

Режимы обеспечения живучести предназначены для сохранения работоспособности КА при возникновении отказов, связанных с энергоснабжением КА или с «зависанием» БЦВК.

К режимам обеспечения живучести относятся:

- режим отключения нагрузки (РОН);
- режим аппаратной солнечной ориентации (РАСО).

Режим отключения нагрузки включается в следующих случаях:

- при устойчивом, на время более (250 100) мс, снижении напряжения по шине "+ 100 В" до уставки (96 1) В;
- при снижении напряжения на любом из аккумуляторов до $2,56 \pm 0,6$ В;
- при снижении напряжения на любой из двух аккумуляторных батарей до (50 1) В.

При включении этого режима осуществляется переход на минимальное энергопотребление для защиты бортового оборудования и элементов энергосистемы.

Аппаратный режим солнечной ориентации предназначен для обеспечения стабильного положительного энергетического баланса космического аппарата в случае потери азимута на Солнце или стабильного "зависания" БЦВК.

РАСО поддерживает стабильный положительный энергетический баланс и возможность поддерживать связь с НКУ по командным линиям радиосвязи в течение длительного времени. В этом режиме СУД гарантирует, что:

- ориентацию оси -ОХ КА на Солнце;
- разворот панелей СБ в положение, при котором нормаль к рабочей поверхности СБ направлена по оси -ОХ КА.

В режимах обеспечения живучести с помощью средств БКУ и НКУ анализируются причины отказа и предпринимаются действия по восстановлению работоспособности КА. Переход из режимов обеспечения живучести в режимы штатного функционирования выполняется только по команде с НКУ.

1.3 Обеспечение надежности бортового комплекса управления

Вероятность безотказной работы БКУ в течение 15 лет штатной эксплуатации на орбите равна 0,96. Указанный уровень надежности БКУ достигается за счет резервирования его элементов. При этом обеспечивается выполнение условия, согласно которому любой единичный отказ элемента или соединительной цепи не приводит к отказу прибора, входящего в состав БКУ. Способы резервирования аппаратуры БКУ приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Способы резервирования аппаратуры БКУ

Аппаратура	Способы резервирования
1	2
БА КИС	<p>Два приемника, работающих в нагруженном резерве;</p> <p>Два передатчика, один из которых включен, второй находится в ненагруженном резерве, в неориентированном режиме или в режиме аппаратной солнечной ориентации работают два передатчика;</p> <p>Две антенны для приема радиокоманд, командно-программной информации и сигналов дальности с НКУ, работающих в нагруженном резерве;</p> <p>Две антенны для передачи телеметрической информации и сигналов наклонной дальности, одна из которых включена, вторая находится в ненагруженном резерве, в неориентированном режиме или в режиме аппаратной солнечной ориентации включены обе антенны</p>
БАТС	<p>Два комплекта каждого прибора, один из которых включен, другой находится в ненагруженном резерве.</p>

Окончание таблицы 2

1	2
БЦВК	<p>Две специализированные цифровые вычислительные машины, одна из которых находится в рабочем режиме, вторая – в ненагруженном резерве;</p> <p>Мажоритарное резервирование с логическим условием «два из трех» на различных иерархических уровнях;</p> <p>Нагруженное резервирование внешних каналов передачи информации (кроме телеметрического).</p>
БУ БКУ	<p>Два комплекта приборов, один из которых находится в ненагруженном резерве.</p>
БИ БКУ	<p>Два комплекта приборов, один из которых находится в ненагруженном резерве;</p> <p>Мажоритарное резервирование управления электронасосным агрегатом с логическим условием «два из трех».</p>

Мажоритарное резервирование элементов БКУ предполагает использование трех резервных элементов, выходные сигналы с которых поступают на логическое устройство (мажоритарное), которое пропускает сигнал, поступающий с большинства резервируемых элементов (двух из трех). Оно обеспечивает устойчивую работу БКУ при перемежающихся отказах (сбоях) и воздействии внешних помех.

1.4 Обзор приборов устанавливаемых на космическом аппарате

Обзор приборов, устанавливаемых на КА:

1) бортовая информационная система с радиолинией метрового диапазона (БИС-МВ). БИС-МВ, представленные на рисунке 3, обеспечивает прием изображения от устройств, сканирующих подстилающую поверхность Земли, сжатие изображения в формате JPEG и передачу изображения на наземные станции приема информации в формате LRPT;

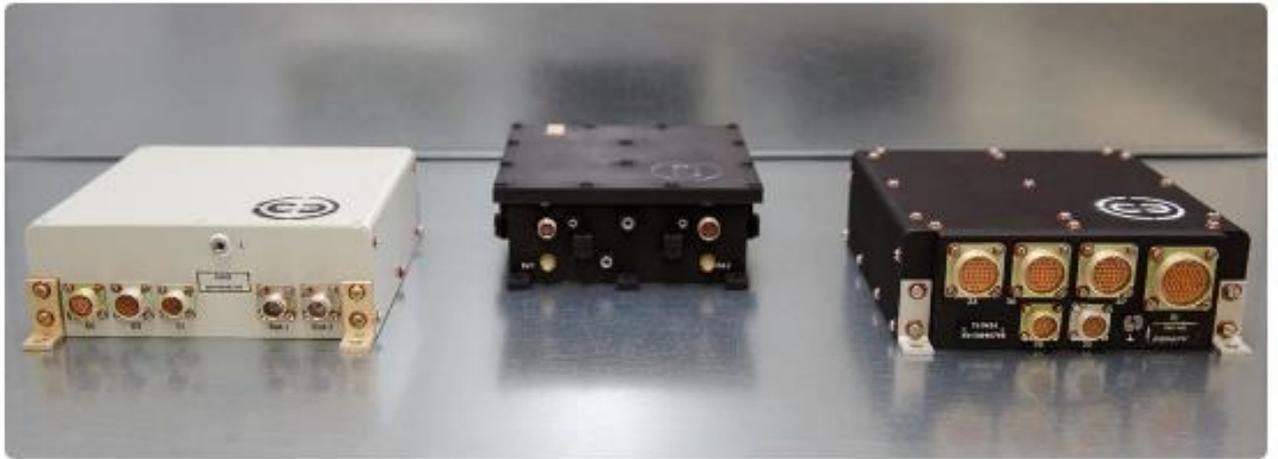


Рисунок 3 - Приборы БИС-МВ

2) бортовая информационная телеметрическая система мало массогабаритная (БИТС-М). Системы БИТС-М, представленные на рисунке 4, предназначена для сбора телеметрической информации с датчиков космического аппарата и последующей ее передачи через автономную радиолинию. Система работает в составе низкоорбитального космического аппарата дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ);

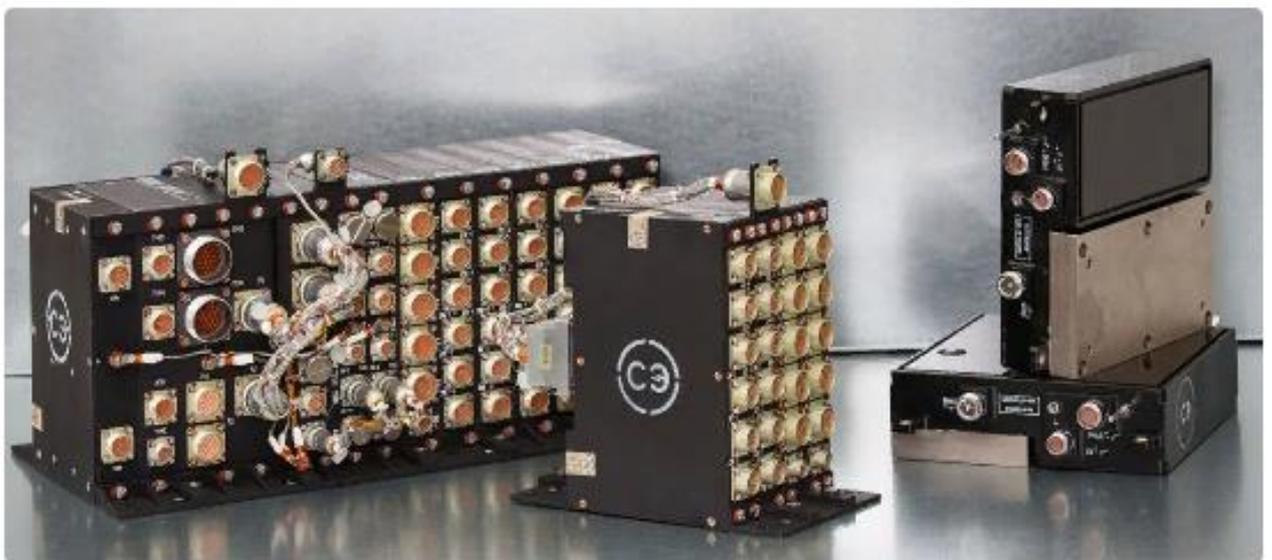


Рисунок 4 - Приборы системы БИТС-М

3) малогабаритная бортовая информационно-телеметрическая система транспортного корабля модернизированная (МБИТС-ТКМ). МБИТС-ТКМ, представленные на рисунке 5, предназначена для сбора, преобразования, хранения и передачи на наземные приемные средства и в бортовые вычислительные комплексы информации о состоянии систем, агрегатов и конструкции изделий, в том числе и потоков информации в виде цифровых массивов (ЦМ).

Аппаратура МБИТС-ТКМ может эксплуатироваться в составе пилотируемых и автоматических космических аппаратов;



Рисунок 5 - Приборы МБИТС-ТКМ

4) радиотелеметрическая система цифровая (РТСЦ). РТСЦ, представленная на рисунке 6, предназначена для сбора и передачи на наземные станции информации для анализа работоспособности и состояния бортовых систем, агрегатов и конструкций изделия. Система РТСЦ предназначена для работы в составе ракеты-носителя (РН) на активном участке и при всех видах наземных электроиспытаний;

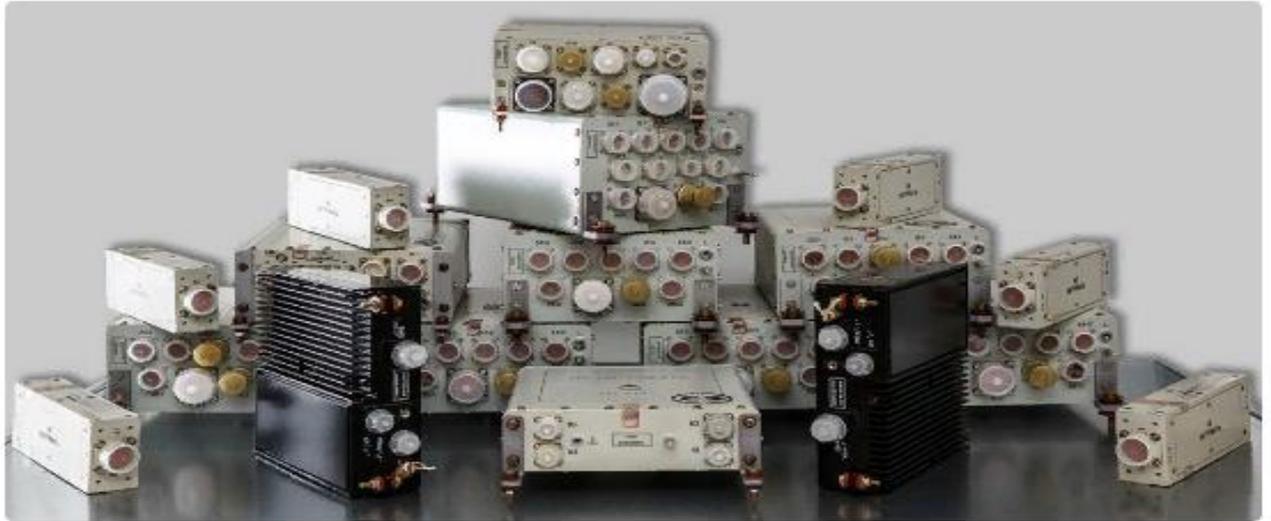


Рисунок 6 - Приборы РТСЦ

5) подсистема приема массивов (ППМ). ППМ, представленные на рисунке 7, обеспечивает приём массивов цифровой информации от бортовой вычислительной системы служебного модуля МКС по мультиплексному каналу обмена (МКО) в соответствии с ГОСТ Р 52070-2003 и их передачу в бортовую информационную телеметрическую систему как для режима непосредственной передачи, так и режима записи;



Рисунок 7- Приборы ППМ

б) подсистема виброизмерений (ПВИ).



Рисунок 8 - Приборы ПВИ

ПВИ, представленные на рисунке 8, обеспечивает передачу информации датчиков быстроменяющихся процессов (БМП) в кадре низкоинформативной телеметрической системы путем обработки информации БМП на борту РН.

1.5 Блок управления бортового комплекса управления

Назначение БУ БКУ, представлен на рисунке 9:

- координированного управления бортовыми системами и оборудованием КА при выполнении программы полета в штатных и нештатных ситуациях;
- обеспечение контроля и диагностики состояния бортовых систем в полете, в процессе межполетного обслуживания и при подготовке к пуску, управления имеющимися резервами;
- управление пирострелами;
- распределения электропитания с защитой от тока коротких замыканий и от токовых перегрузок;
- обеспечения взаимодействия с экипажем, отображение информации экипажу и обеспечения задач ручного управления;

- сбора и обработки информации от датчиков в составе бортовых систем, используемой в алгоритмах управления и контроля с обеспечением передачи в систему бортовых измерений;
- передачи командной и сигнальной информации между приборами и агрегатами бортовых систем;
- организации электропитания и управления полезными нагрузками;
- освещения внутреннего объема объекта.

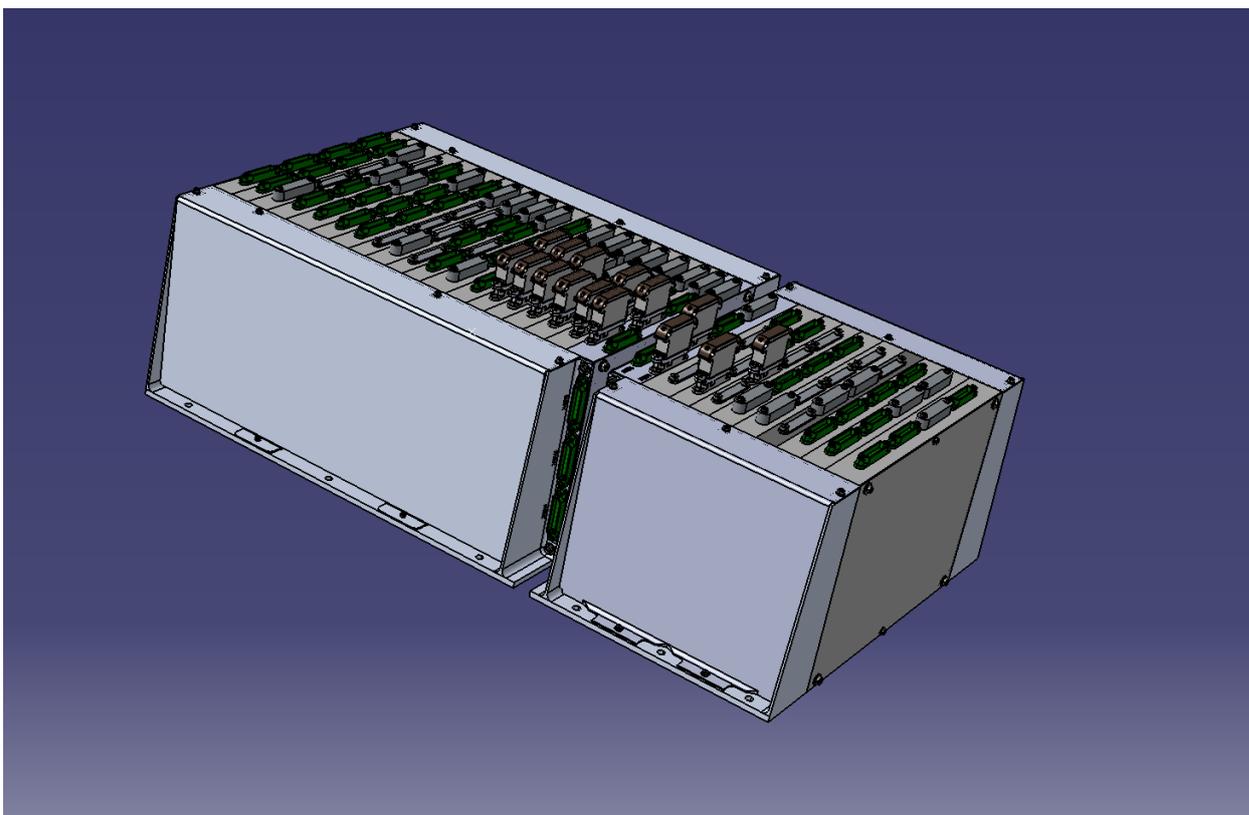


Рисунок 9 - 3D модель прибора БУ БКУ

1.6 Обзор манипуляторов для монтажа

Одним из отличительных признаков манипуляторов является способ управления, который во многом определяет структуру, свойства и состав систем, необходимых для получения требуемых характеристик манипулятора. Манипуляторы управляются либо посредством задающего устройства,

формирующего сигнал управления исполнительным органом, либо непосредственно приложением вручную усилия к объекту манипулирования.

Важным признаком, определяющим условия эксплуатации манипулятора, является тип привода. По типу привода различают манипуляторы с электроприводом, пневмоприводом и с комбинированным приводом.

Наибольшее распространение получили манипуляторы с электроприводом. Они удобны в обслуживании и практически не требуют специальной подготовки операторов для их эксплуатации. Манипуляторы рассматриваемого вида применимы для выполнения погрузочно-разгрузочных работ. При необходимости выполнения технологических операций, связанных с приложением направленной вниз силы сверления, зачистки поверхности абразивным инструментом и др., применяют манипуляторы с реверсивным электроприводом. В большинстве других случаев достаточно использовать манипуляторы с нереверсивным электроприводом, система управления которого значительно проще.

Манипуляторы с пневмоприводом также достаточно широко распространены. Такие манипуляторы незаменимы в условиях повышенной взрыво- и пожароопасности, когда применение оборудования с электроприводом требует сложных и дорогостоящих устройств защиты. Они обладают еще одним существенным преимуществом: линейный пневмопривод позволяет полностью устранить передаточный механизм и, следовательно, существенно уменьшить потери на трение.

Манипуляторы с гидроприводом применяют чаще всего для работы с объектами большой массы. Когда сопротивление перемещению в горизонтальной плоскости, вызванное потерями на трение и неполным уравновешиванием исполнительного устройства, становится значительным, такие манипуляторы снабжают еще одним или двумя гидроприводами: радиального перемещения и поворота.

По особенностям эксплуатации манипуляторы подразделяют на стационарные и подвижные, причем подвижные могут быть самоходными и

перемещающими вручную. Самоходные манипуляторы, установленные на автокаре или электрокаре, могут использоваться как на операциях загрузки и разгрузки оборудования, так и для межоперационного транспортирования заготовок и деталей.

По варианту установки манипуляторы подразделяют на подвесные, на опоре, встроенные в оборудование. Подвесные манипуляторы могут устанавливаться на потолке, на стене, крепиться к кронштейнам эстакад. Настенные и потолочные варианты установки используют обычно при отсутствии свободных площадей или при размещении оборудования вплотную к стенам цеха. Манипуляторы, устанавливаемые на опоре, чаще всего имеют колонну. Такие конструкции минимальную площадь пола и легко монтируются вблизи обслуживаемого оборудования.

Манипулятор с присосками для монтажа стеклопакетов: эффективность и преимущества.

Манипулятор с присосками, представленные на рисунках 10-12 — это специализированное оборудование, которое используется профессиональными монтажниками для удобного и безопасного монтажа стеклопакетов. Оно снабжено специальными присосками, которые позволяют удерживать стекло и свободно перемещать его на рабочей поверхности.



Рисунок 10 - Манипулятор с присосками



Рисунок 11 - Манипулятор с присосками



Рисунок 12- Манипулятор с присосками

Монтаж стеклопакетов является сложным и ответственным процессом, требующим большого внимания и точности. Ошибки во время монтажа могут привести к продуванию окна, утечке тепла и влаги, а также снизить энергетическую эффективность здания. Поэтому использование специализированного оборудования, такого как манипулятор с присосками, становится важным шагом для профессиональных монтажников, позволяющим обеспечить высокое качество работ и минимизировать возможные проблемы.

Манипулятор с присосками представляет собой специальное оборудование, которое используется для удобного и безопасного монтажа

стеклопакетов. Это незаменимое средство для профессиональных монтажников, которые занимаются установкой окон и дверей.

Манипулятор состоит из ручки с присосками, которые крепятся к стеклу. Благодаря этому, монтажники могут легко поднять стеклопакет и установить его в нужное положение без лишних усилий. Присоски надежно фиксируют стекло, предотвращая его падение и повреждение.

Преимущества использования манипулятора с присосками:

- удобство и комфорт при монтаже стеклопакетов;
- безопасность для монтажников и предотвращение повреждения стекла;
- снижение риска травмирования рук и спины при монтаже;
- большая эффективность работы и экономия времени.

Манипуляторы с присосками обладают прочной конструкцией и высокой надежностью, что позволяет использовать их на строительных площадках различного типа. Они применяются не только для установки стеклопакетов, но и для перемещения других больших и тяжелых предметов.

Особенно актуальны манипуляторы с присосками для фасадных и оконных работ, так как стеклопакеты обычно имеют большой вес и требуют аккуратного и профессионального подхода при монтаже.

Конечно, манипуляторы с присосками могут быть довольно дорогими устройствами, но они окупаются своей эффективностью и повышенной безопасностью работы. Кроме того, они существенно сокращают время, затраченное на монтаж стеклопакетов, что повышает производительность и рентабельность компании.

В итоге, манипуляторы с присосками являются неотъемлемой частью инструментов профессиональных монтажников, которые стремятся к высокому качеству и безопасности своей работы.

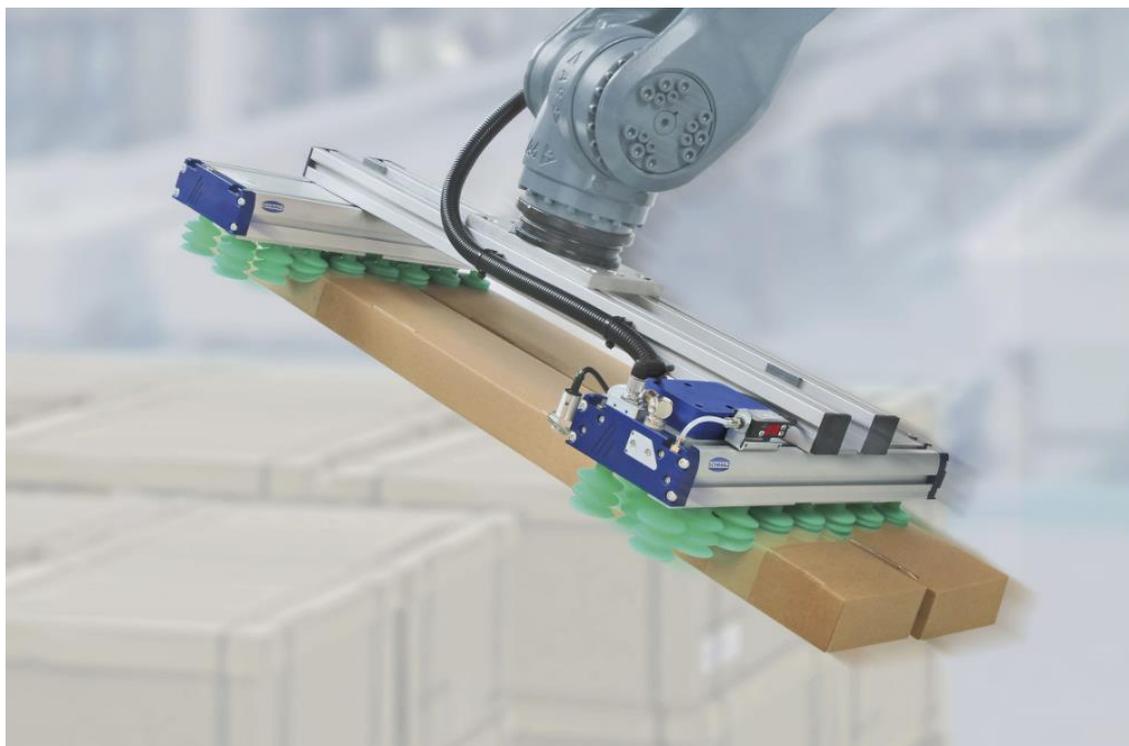


Рисунок 13 – Комплексные вакуумные захватные системы Schmalz

Комплексные вакуумные захватные системы Schmalz, представленные на рисунке 13, позволяют значительно повысить производительность автоматизированных процессов. Системы варьируются от многослойных и крупногабаритных вакуумных захватных систем до готовых к установке вакуумных отсосов-пауков для использования во всех областях автоматизации.

Вывод: в данном разделе магистерской диссертации были рассмотрены назначение, состав, основные характеристики, режимы работы, обеспечение надежности бортового комплекса управления.

Также были рассмотрены виды манипуляторов для монтажа различных деталей и изделий.

2 Монтаж блока управления бортового комплекса управления

2.1 Технология монтажа прибора блока управления бортового комплекса управления на теплопроводящую пасту на сотовую панель

Прибор БУ БКУ устанавливается вручную. Размешать пасту тщательно не менее 5 мин. Проверяем время обезжиривания по сопроводительной документации. При этом разрыв во времени между окончанием обезжиривания и нанесением пасты должен быть не более 2 ч.

Нанести пасту на поверхность сотовой панели. Нанести разметку мест установки прибора БУ БКУ на поверхность сотовой панели согласно КД. Нарезать ленту «Спутник» с липким слоем толщиной 0,1 мм или ленту Flashbreaker толщиной 0,165 мм на ленты шириной 8 – 10 мм. Нанести ленты, по периметру размеченного участка в 1 слой с отметкой в сопроводительной документации. Общая толщина пасты должна быть 0,2 -0,4 мм. Нанести ленту на зону нанесения пасты параллельно короткой стороне с интервалом 50 мм с отметкой в сопроводительной документации. Схема нанесения теплопроводной пасты представлена на рисунке 14.

Нанести на резьбовые отверстия на посадочной поверхности панели ленту «Спутник» или Flashbreaker. Размешать пасту тщательно в течение 5 мин. Отвесить в чистую сухую посуду пасту для нанесения на панель, затем на прибор исходя из расхода:

- при толщине слоя пасты 0,4 мм расход равен 700 г/м²;
- при толщине слоя пасты 0,2 мм расход равен 350 г/м².

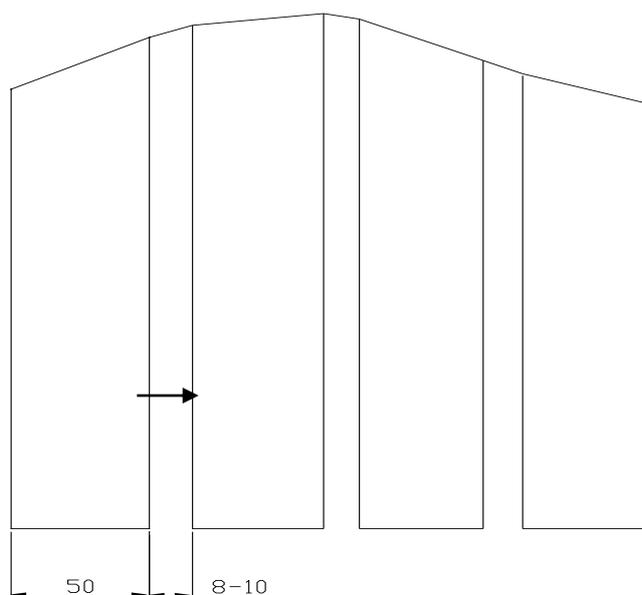


Рисунок 14 – Схема нанесения теплопроводной пасты на поверхность сотовой панели.

Разрыв во времени между окончанием нанесения пасты и установкой прибора должен быть не более 30 мин.

Нанести пасту равномерным слоем на сотовую панель по всей контактирующей поверхности, выравнивая толщину слоя по толщине нанесенной ленты неметаллическим шпателем. Толщина пасты должна быть 0,1 - 0,15 мм. Толщину слоя обеспечить технологически, исходя из расчета расхода пасты при толщине слоя пасты 0,1 мм расход равен 175,4 г/м².

Удалить нанесенную ленту. С помощью нефраса протереть поверхности, с которых удалили ленту, при этом, поверхности протирать, не касаясь слоя нанесенной пасты. Сушить поверхности при температуре от плюс 15 до плюс 35 °С в течение 10-15 мин на воздухе.

Нанесение пасты на поверхность прибора БУ БКУ. Нарезать ленту «Спутник» с липким слоем толщиной 0,1 мм или ленту Flashbreaker толщиной 0,165 мм на ленты шириной 3 – 5 мм. Нанести ленту на посадочную поверхность прибора БУ БКУ, параллельно короткой стороне с интервалом 25 - 30 мм, ленту «Спутник» в 3 слоя или Flashbreaker в 2 слоя. Нанести ленту

«Спутник» или Flashbreaker на резьбовые отверстия на посадочной поверхности прибора.

Нанести пасту равномерным слоем на посадочную поверхность прибора БУ БКУ, по всей контактирующей поверхности, выравнивая толщину слоя по толщине нанесенной ленты. Схема нанесения представлена на рисунке 15. Толщина пасты должна быть не более 0,35 мм.

Толщину слоя обеспечить технологически, исходя из расчета расхода пасты: при толщине слоя пасты 0,35 мм расход равен 612,3 г/м².

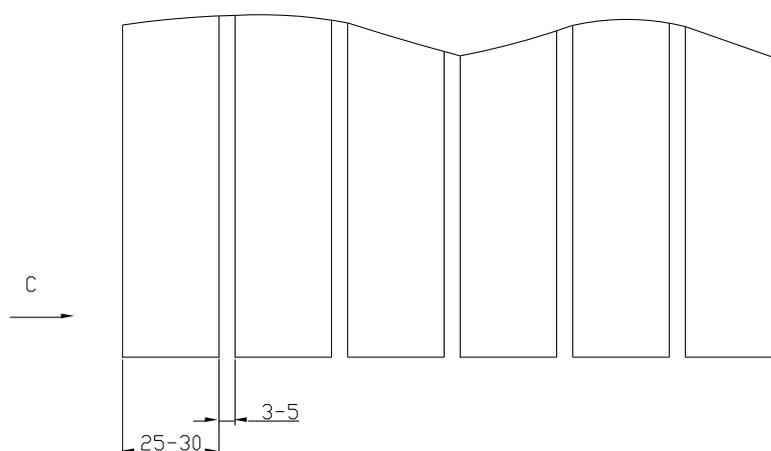


Рисунок 15 – Схема нанесения теплопроводной пасты на посадочную поверхность прибора

Удалить ленту с посадочной поверхности прибора БУ БКУ. С помощью нефраса протереть поверхности, с которых удалили ленту с сушкой 15-20 мин. Поверхности протирать, не касаясь слоя нанесенной пасты.

Устанавливаем прибор БУ БКУ на поверхность сотовой панели. Соединяем сопрягаемые поверхности. Допускается местное отсутствие контакта между контактирующими поверхностями площадью не более 1 см², суммарная площадь не контактируемых поверхностей не более 5 % от общей площади контакта.

Зафиксировать сопрягаемые поверхности крепежными элементами с отметкой в сопроводительной документации.

Затяжку крепежных элементов проводить в 3- 4 этапа последовательно от середины прибора к его краям по диагонали, крест на крест, при отсутствии схемы затяжки в КД. Первоначально установить момент 50 %, затем увеличить на 10-15 % до номинального. Промежуток времени между последовательными приемами затяжки должен быть 5 – 10 мин.

Отметить дату, время нанесения пасты, массу нанесенной пасты, момент затяжки крепежных элементов поэтапно в сопроводительной документации:

Выдержать установленный прибор БУ БКУ не менее 1 суток. Удалить подтеки салфеткой. Обезжирить поверхности стыка прибора БУ БКУ с панелью.

Нанести герметик «Герсиласт» полоской шириной и высотой 2^{+1} мм по периметру прибора БУ БКУ. В труднодоступных местах высоту и ширину клевого шва 2^{+1} мм не контролировать. Выдержать при температуре от плюс 15 до плюс 35 °С в течение 120 ч на воздухе.

Прибор БУ БКУ состоит из двух приборов БУ1 и БУ2, представлен на рисунке 16.

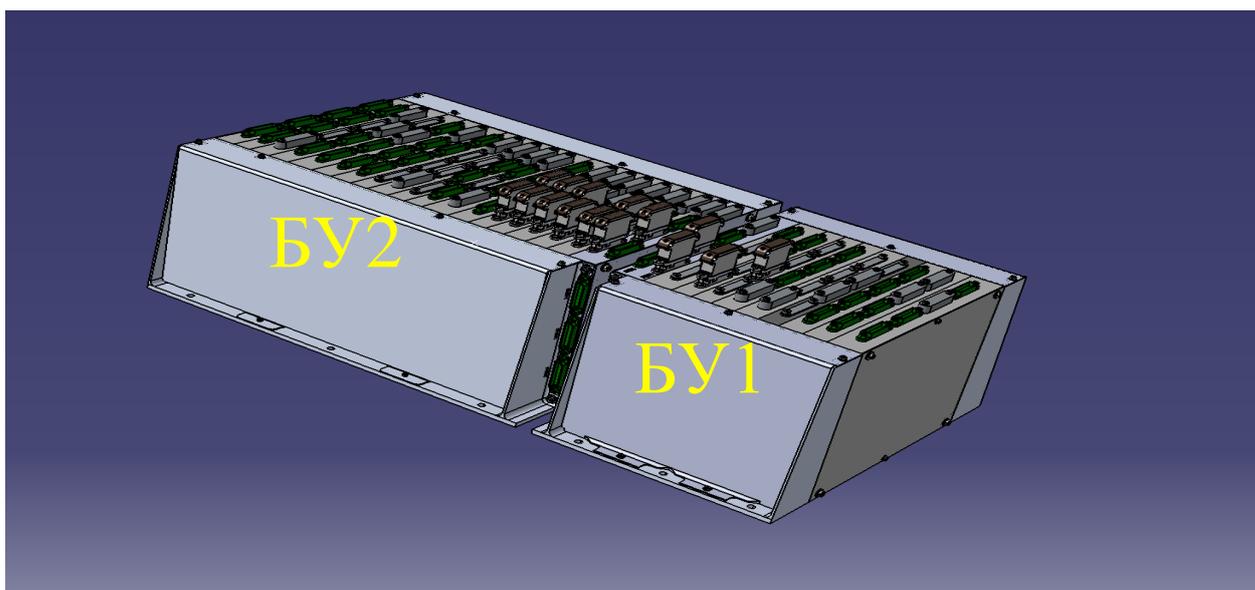


Рисунок 16 - Прибор БУ БКУ

Оба эти прибора устанавливаются на сотовую панель и на теплопроводящую пасту по п 2.1 данной диссертации. Они устанавливаются вручную независимо друг от друга.

По технологии монтажа прибора БУ БКУ прибор БУ 1 и прибор БУ2 после их установки должны соединяться тремя шлейфами с разъемами типа СНП в месте, указанном на рисунке 17 красным прямоугольником.

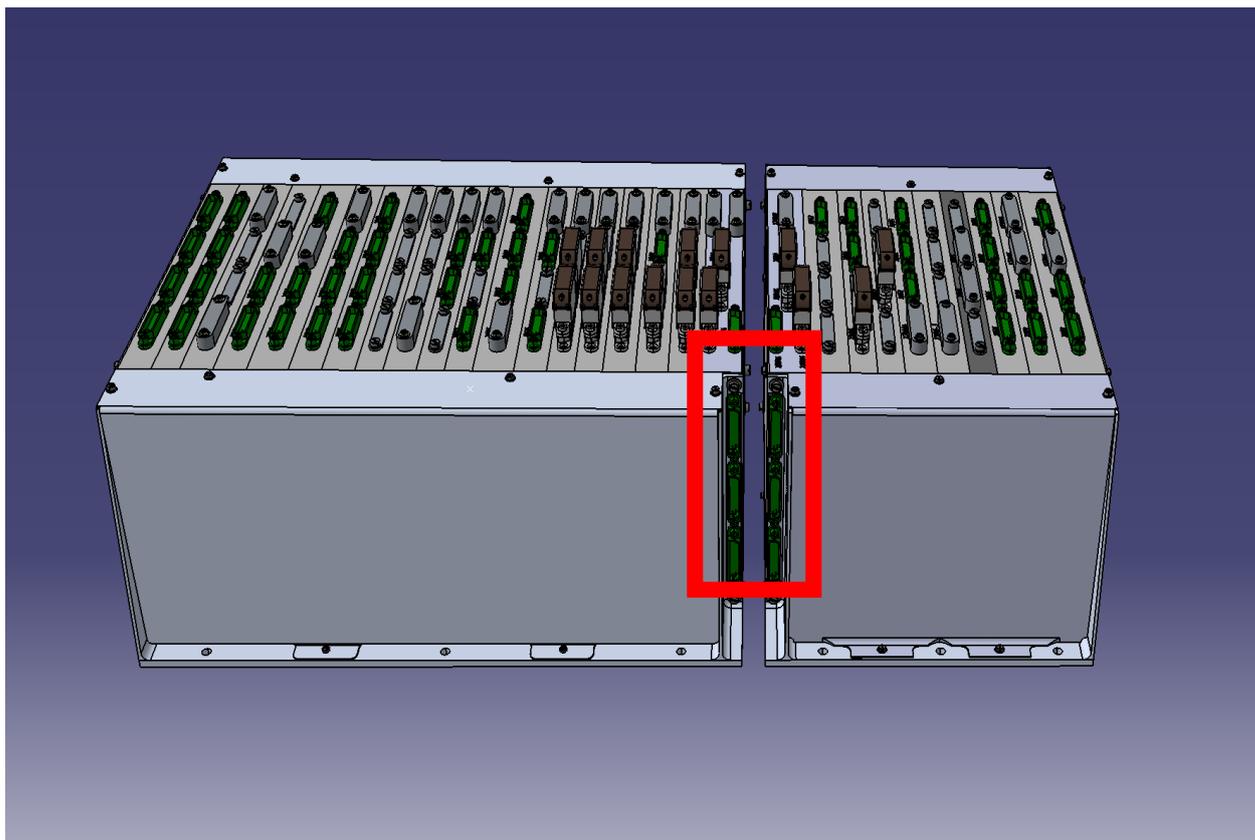


Рисунок 17 – Соединение приборов БУ1 и БУ2

2.2 Стыковка разъемов типа соединитель низкочастотный прямоугольный

2.2.1 Проверка соединителей перед монтажом и стыковкой:

1) перед монтажом и каждым сочленением все соединители должны быть проверены визуальным осмотром с помощью лупы с 4^x увеличением на целостность контактов, на отсутствие загрязнения, повреждения изоляторов, по

отсутствию посторонних частиц;

- 2) гнезда розеток не должны иметь вмятин по краям и отклонения по оси;
- 3) расстояния между всеми гнездами должны быть равномерными;
- 4) штыри вилок не должны выступать из изолятора вилки;
- 5) касание головки штыря стенок изолятора не допускается;
- 6) зазор между штырем и изолятором должен быть видимым.

Запрещается:

- использовать неисправные вилки и розетки;
- исправлять поврежденные контакты;
- проводить сочленение соединителя при поврежденном гнезде

розетки.

Если при визуальном осмотре вилки или розетки возникает сомнение в правильности расположения контактов (рядности) или выявлены незначительные повреждения контактов, вилку или розетку следует проверять на сочленение не менее, чем с тремя ответными частями, заведомо кондиционными, прошедшими входной контроль и соответствующими требованиям настоящей инструкции.

При обнаружении загрязнения контактов и изолятора произвести очистку кистью КХО или КХОШ из щетины, смоченной спиртом, стекание спирта с кисточки не допускается. Сушить на воздухе не менее 30 мин. Проверить качество поверхности после очистки осмотром с помощью лупы не менее 4^x увеличения, в соответствии с п. 1.

Резьба невыпадающих винтов М 2,5 и резьба крепежных винтов (втулок) должна быть смазана тонким слоем смазки ЦИАТИМ- 201 ГОСТ 6267-74. При загрязнении резьбы необходимо удалить старую смазку и нанести новую.

2.2.2 Общие указания

Монтаж частей соединителей подразделяется на механический и электрический.

Механический и электрический монтаж должны обеспечивать надёжную работу соединителя в составе изделия и должны выполняться с учётом

рекомендаций и требований, изложенных в настоящей инструкции.

2.2.3 Требования к механическому монтажу:

1) к механическому монтажу относится подготовка и крепление соединителей в аппаратуре;

2) при механическом монтаже розетки должны быть закреплены в аппаратуре так, чтобы их положение в процессе эксплуатации оставалось неизменным;

3) сочленение соединителей производить:

- незначительным усилием от руки без визуально видимого перекоса между вилкой и розеткой ввести головки штырей в гнезда розетки (кодирующий элемент вошёл в паз).

- усилием, достаточным для сочленения, свести части соединителя до упора.

Категорически запрещается перемещать изолятор вилки вдоль ряда гнезд розетки после их соприкосновения;

4) фиксацию сочленённого положения выполнять с помощью двух невыпадающих винтов М 2,5, попеременно затягивая на угол не более 180° за один приём. Момент вращения, прилагаемый к винтам $(9,8 \pm 2)$ Н см $[(1 \pm 0,2)$ кгс см]. Фиксацию выполнять отвёрткой тарированной 107-7810-4076;

5) расчленение соединителей производить с помощью съёмника 107-7879-4371, 107-7879-4310. При этом перекося расчленяемых частей относительно друга свыше 1,0 мм не допускается;

6) в процессе эксплуатации соединителей, на изоляторе (обечайке) розетки допускаются поверхностные нарушения (несоответствия) внешнего слоя материала, не влияющие на стыкуемость соединителей. Описание допустимых отклонений внешнего вида в соответствии с ЦСНК.430421.004Д2 и ПКНС.430421.006Д2. Работоспособность, указанных соединителей, подтверждается проведением испытаний в составе аппаратуры;

7) не допускается эксплуатация с дефектами (трещинами).

2.3 Проблема при монтаже прибора блока управления бортового комплекса управления

Иногда при сборке новых космических аппаратов может возникнуть проблема в невозможности или в неудобности стыковки разъемов типа СНП приборов БУ1 и БУ2, уже установленных на приборную сотовую панель.

На рисунке 18 в месте зеленой линией может находиться силовой каркас космического аппарата, сотовая панель, другие приборы. Это всё ограничивает доступ к разъемам.

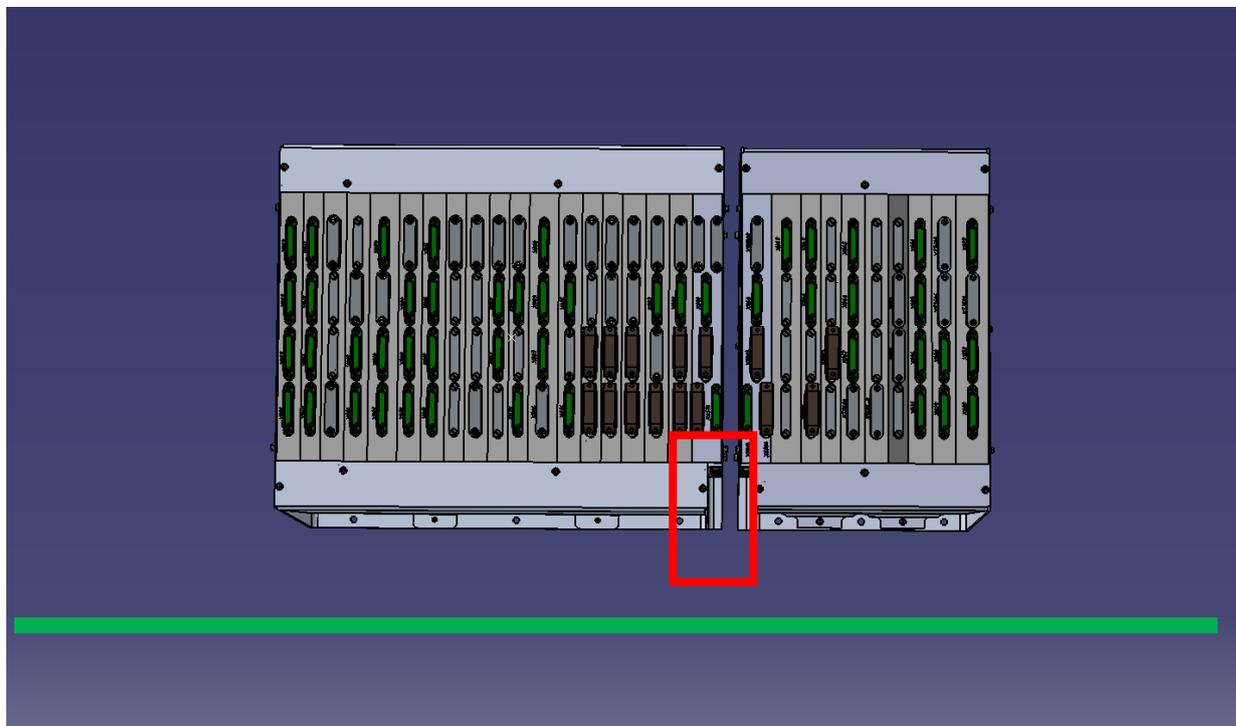


Рисунок 18 – Модель прибора БУ БКУ с проблемным местом

2.4 Решение проблемы с помощью захвата

Для решения, описанной проблемы в предыдущем пункте, мною был разработан захват, представленный на рисунках 19, 20.

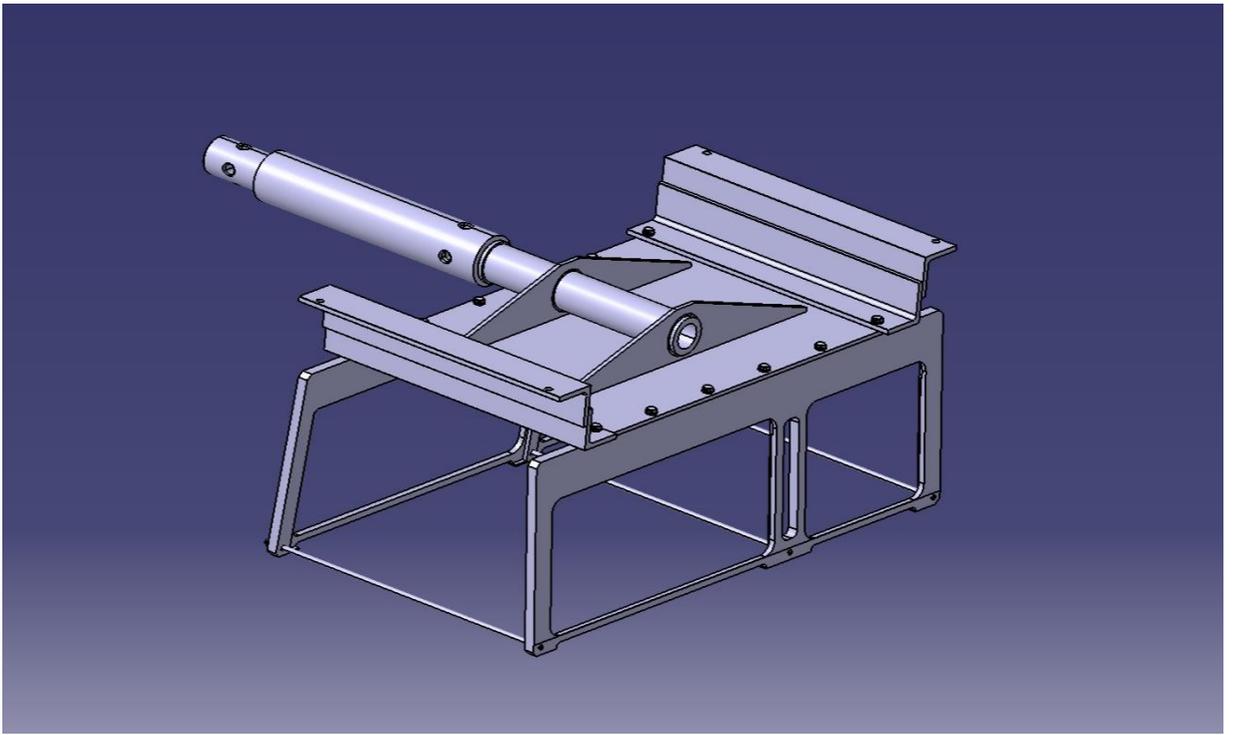


Рисунок 19 – Модель захвата в сборе

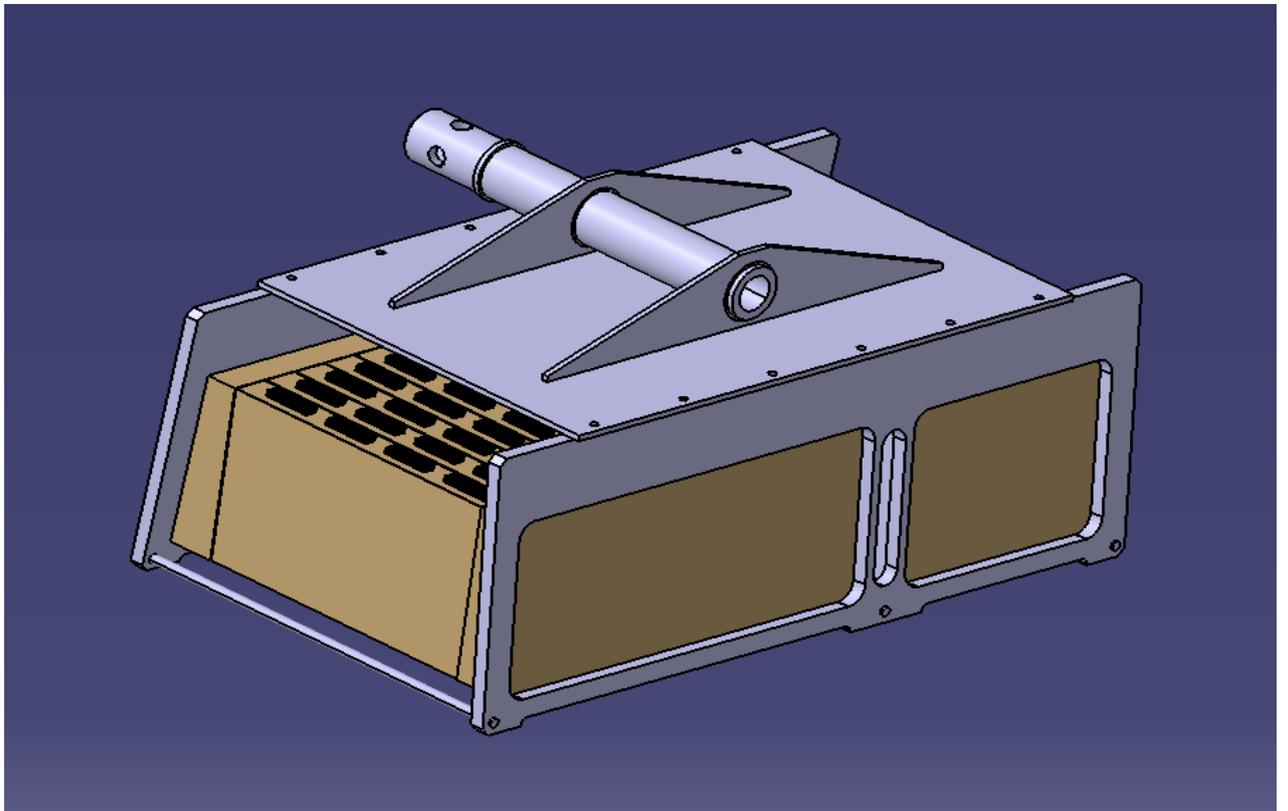


Рисунок 20 – Модель захвата в сборе с прибором БУ БКУ

2.5 Исходные данные для разработки захвата

Для разработки захвата мною были определены следующие исходные данные:

1) наименование и основание для разработки. Наименование – захват для монтажа БУ БКУ;

2) назначение. Настоящий документ содержит исходные данные, предназначенные для использования при разработке проектной, конструкторской документации захвата для БУ БКУ;

3) состав захвата. В состав захвата должны входить:

- крышка 1 шт.;
- опора 1 шт.;
- переходник 1 шт.;
- пластина 001 1 шт.;
- пластина 002 1 шт.;
- шпилька 3 шт.;
- штырь 1 шт.;
- гайка 3 шт.;
- шайба 3 шт.;

4) требования по назначению. Конструкция захвата должна обеспечивать жесткое позиционирование прибора БУ БКУ в нём;

5) требования по стойкости к внешним воздействиям. Захват должен быть устойчив к внешним воздействиям в условиях хранения, сборке и при эксплуатации по целевому назначению.

Хранение и эксплуатация захвата должна производиться при температуре (25 ± 10) градусов Цельсия, относительной влажности воздуха от 40 до 80% и атмосферном давлении от 840 до 1066,4 Гпа (от 630 до 800 мм.рт.ст.)

Захват должен сохранять технические и эксплуатационные характеристики во время и после воздействия статических и динамических нагрузок в процессе монтажа БУ БКУ;

б) требования по надежности:

- срок службы захвата не менее 10 лет;

- требования по надежности должны подтверждаться расчётами;

- критерием отказа захвата является невыполнение требований пункта 4 в условиях и режимах, оговоренных в данном ИД;

- в процессе разработки захвата должны быть разработаны методы контроля качества захвата на стадиях изготовления и эксплуатации с выявлением возможных дефектов захвата;

- захват должен проектироваться с необходимым уровнем резервирования и регламентных работ, обеспечивающим данную надежность выполнения технических характеристик за период эксплуатации.

7) требования по эргономике и технической эстетике. При разработке захвата необходимо учитывать инженерно-психологические требования, определяющие безопасность и удобство работы с захватом. Требования по технической эстетике не предъявляются;

8) требования по транспортабельности:

- захват должен транспортироваться в разобранном состоянии любым видом транспорта;

- захват должен транспортироваться при температуре окружающей среды от минус -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, относительной влажности до 98% при наличии осадков в твердой и жидкой фазе и при атмосферном давлении от 200 до 1100 Гпа;

9) требования по технологичности. При производстве захвата должны использоваться прогрессивные технологические процессы с широким применением унифицированных стандартов и нормализованных узлов, и блоков.

Конструкция захвата должна обеспечивать простоту технологических операций при сборке и эксплуатации;

2) опора 1 шт. представлена на рисунке 22;

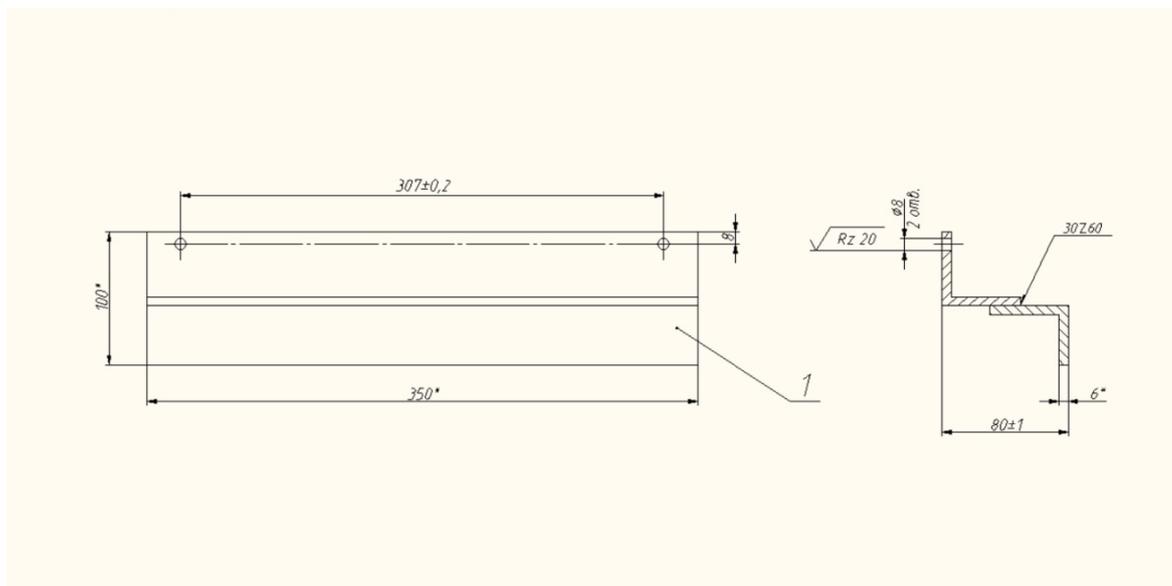


Рисунок 22 – Опора

3) переходник 1 шт. представлен на рисунке 23;

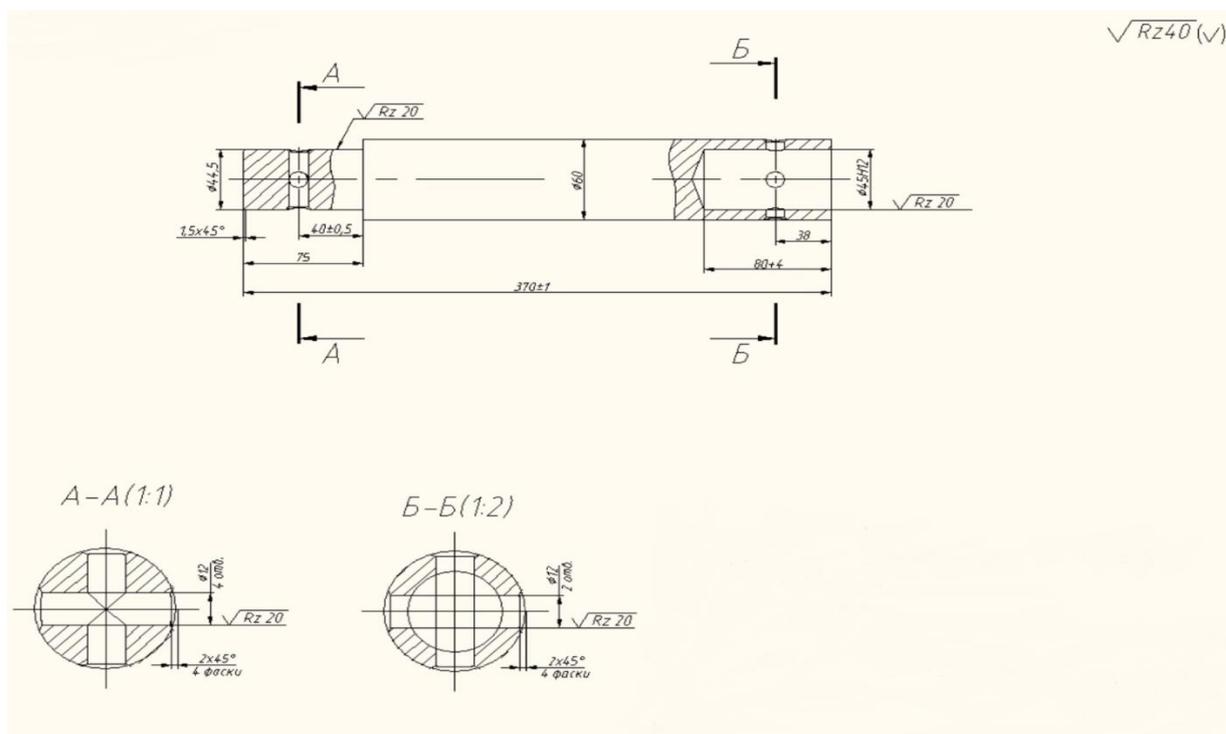


Рисунок 23 – Переходник

4) боковая пластина 001, представлена на рисунке 24;

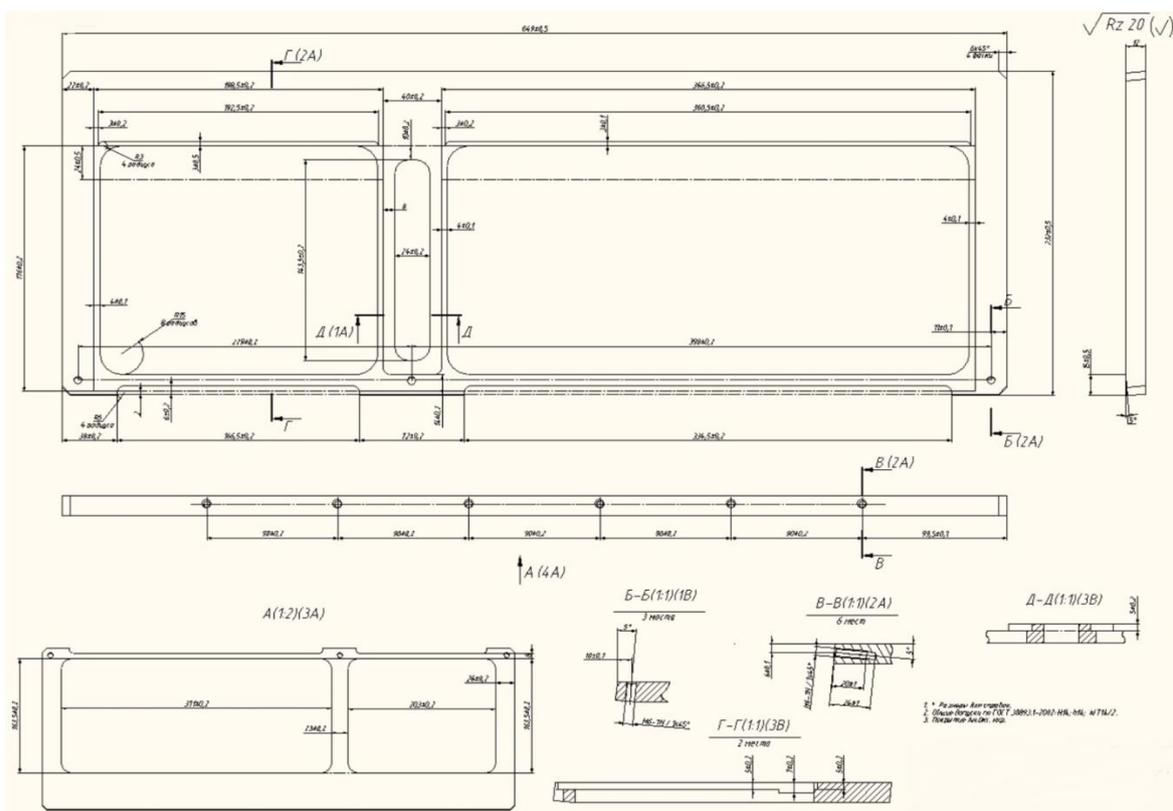


Рисунок 24 – Боковая пластина 001

5) боковая пластина 002 представлена на рисунке 25;

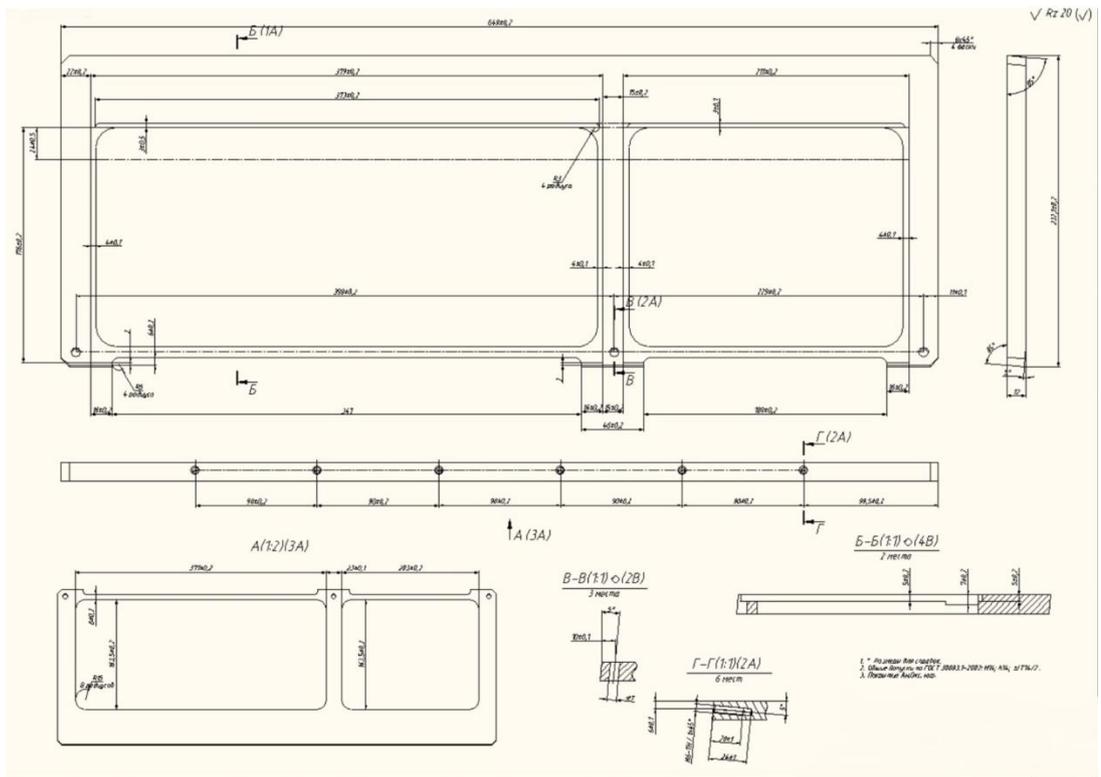


Рисунок 25 – Боковая пластина 002

б) шпилька 3 шт., представлена на рисунке 26;

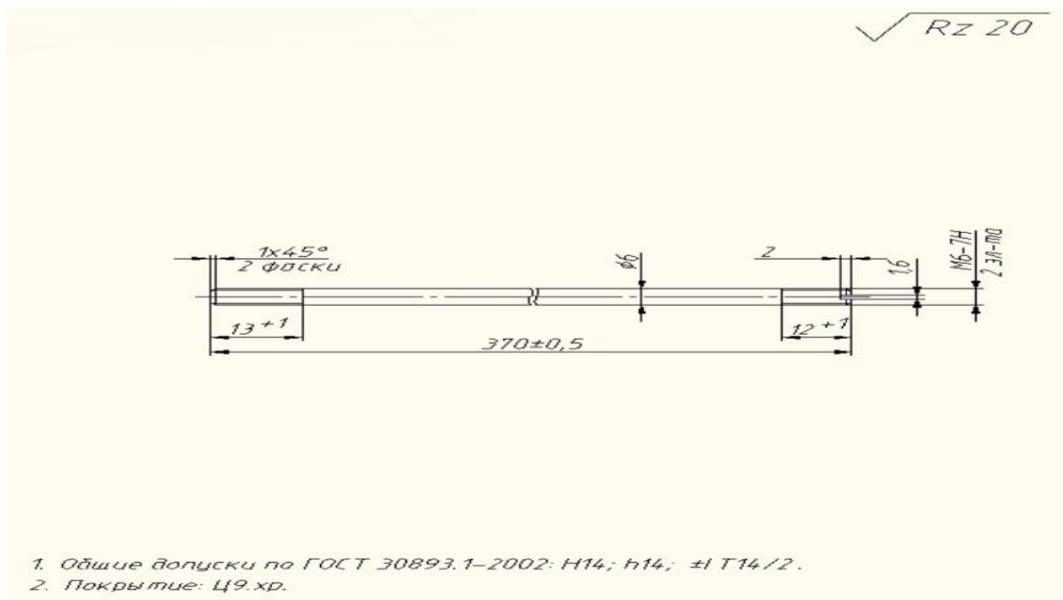


Рисунок 26 – Шпилька

7) штырь 1шт. представлен на рисунке 27;

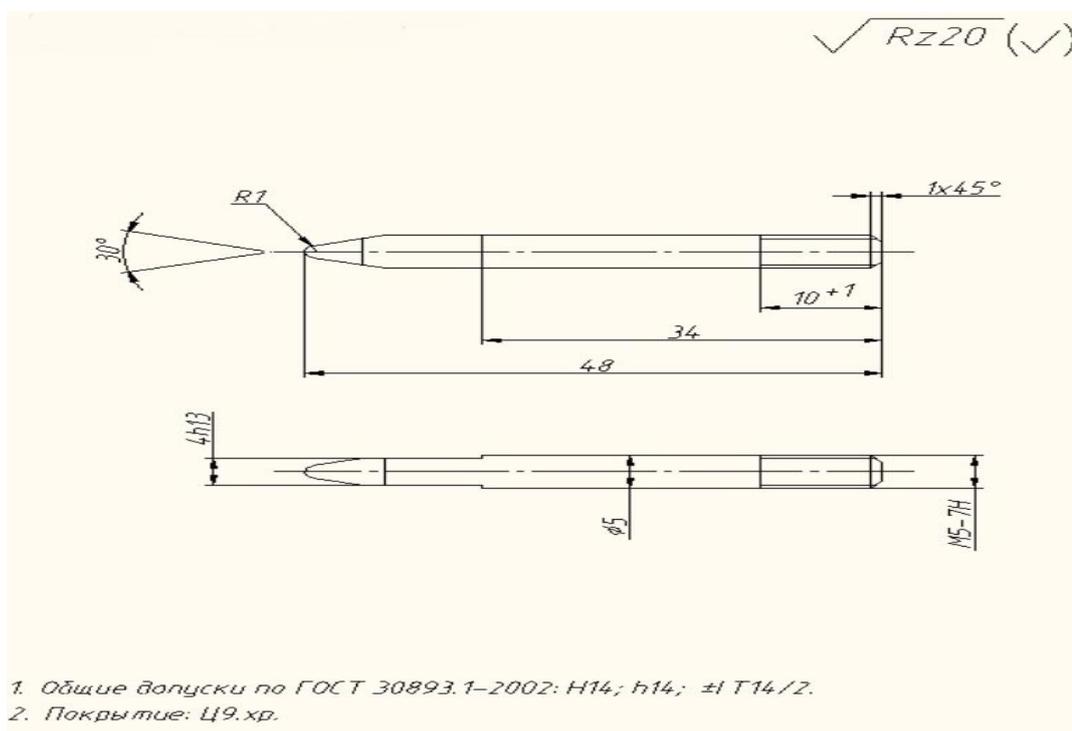


Рисунок 27 – Штырь

8) пластина представлена на рисунке 28;



Рисунок 28 – Пластина

9) гайка М6-7Н;

10) шайба С6.

Вывод: в данном разделе магистерской диссертации были рассмотрены технологии монтажа прибора БУ БКУ и стыковку разъемов типа СНП.

Также была выявлена проблема при монтаже прибора БУ БКУ, решить которую можно с помощью захвата, который я разработал.

3 Механический анализ захвата для прибора блока управления бортового комплекса управления

3.1 Общие положения

В данном разделе диссертации мною был проведен механического анализа захвата. Анализ проводил в САЕ пакете, критерием оценки служил запас прочности по текучести для металлов и запас прочности по пределу прочности.

Сборочный чертеж захвата для монтажа БУ БКУ представлен на рисунке 29.

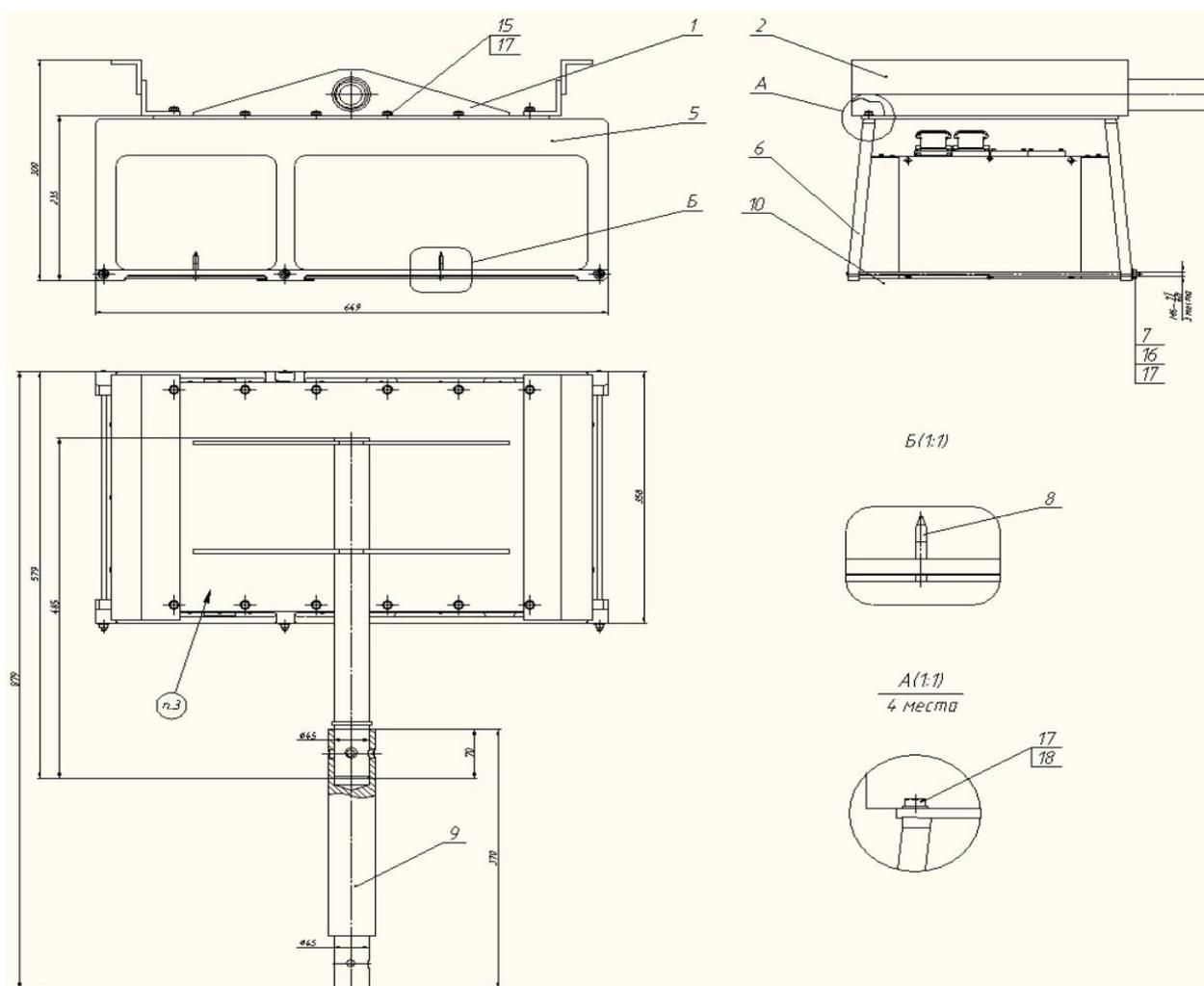


Рисунок 29 – Захват (сборочный чертеж)

Конструкция захват должна обеспечивать устойчивость к квазистатическим, вибрационным и ударным нагрузкам, что должно подтверждаться механически анализом. Критерием оценки устойчивости к нагрузкам служит запас прочности по текучести (1) для металлов и запас прочности по пределу прочности (2) для неметаллов.

$$\eta_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_P}, \quad (1)$$

$$\eta_B = \frac{\sigma_B}{\sigma_P}, \quad (2)$$

где η_T – запас прочности по текучести;

η_B – запас прочности по пределу прочности;

σ_T – напряжение предела текучести;

σ_B – напряжение предела прочности;

σ_P – максимальное расчетное напряжение в захвате.

Максимальные напряжения вычислялись по модели Фон Мизеса.

Критерии:

- резонансные частоты элементов конструкции должны быть больше 150 Гц;
- запасы прочности η_T и η_B должны быть не менее 1.

3.2 Описание захвата

Общий вид, размеры и масса

Захват состоит из двух рамок, соединённых между собой тремя шпильками и крышкой сверху, представлен на рисунке 30. Крепится к манипулятору через переходник.

Габариты – 240x650x360мм (ВxДxШ).

Масса – 5 кг.

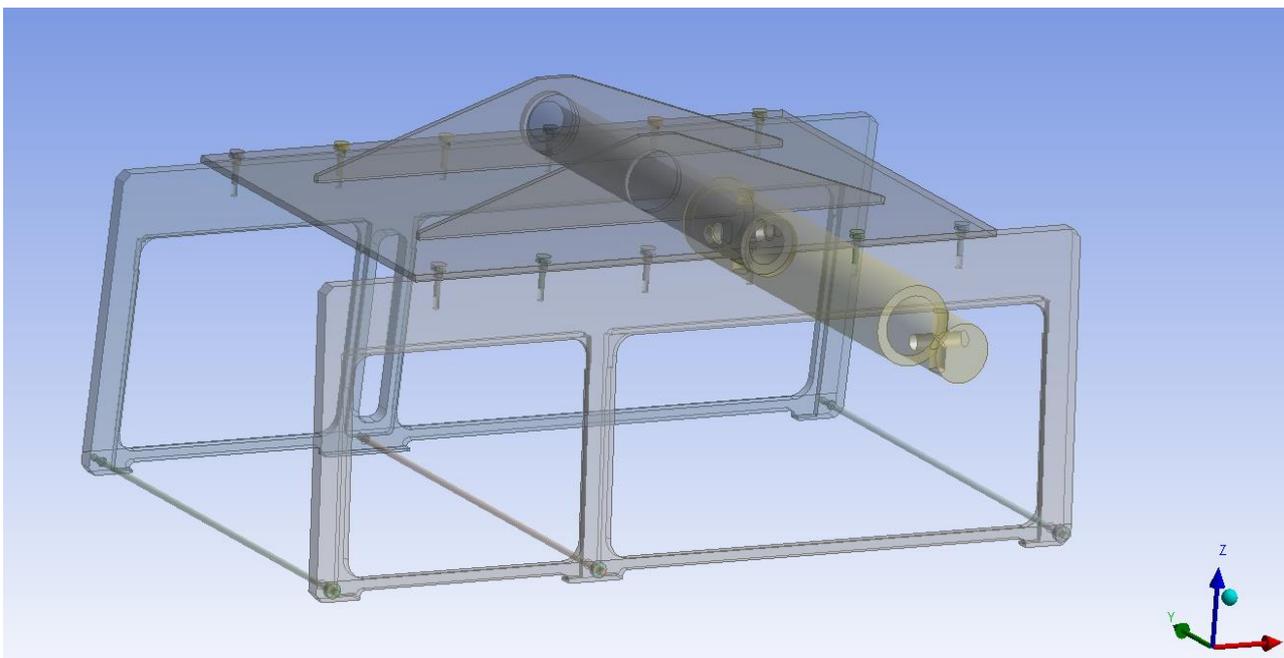


Рисунок 30 – Общий вид захвата

Материалы

В таблице 3 представлены используемые материалы в модели захвата [СД-2 – СД-7].

Таблица 3 – Материалы, используемые в модели

Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Модуль Юнга E, ГПа	Коэф. Пуассона μ	Предел текучести σ_T , МПа	Предел Прочности σ_B , МПа
Алюминий АМг6Б	2700	70	0,31	166	333
Титан Вt14	4520	112	0,32	250-380	835-1300
Сталь12Х18	7920	198	0,3	225-315	550-650

3.3 Анализ захвата

Требования по внешним воздействиям

Требования по стойкости к квазистатическим, вибрационным и ударным нагрузкам подтверждается при механическом анализе с использованием данных из таблицы 4.

Таблица 4 – Квазистатические нагрузки

Направление действия	Ускорение, м/с ² (g)
Ось OZ БЭ	±1 g
Оси XOY БЭ	±0,6 g

Конечно-элементная модель

Конечно-элементная модель (КЭМ) создана для расчета в САЕ пакете. Общая масса ЭРИ равномерно распределялась по стеклотекстолитовым печатным платам. КЭМ захвата представлена на рисунке 31.

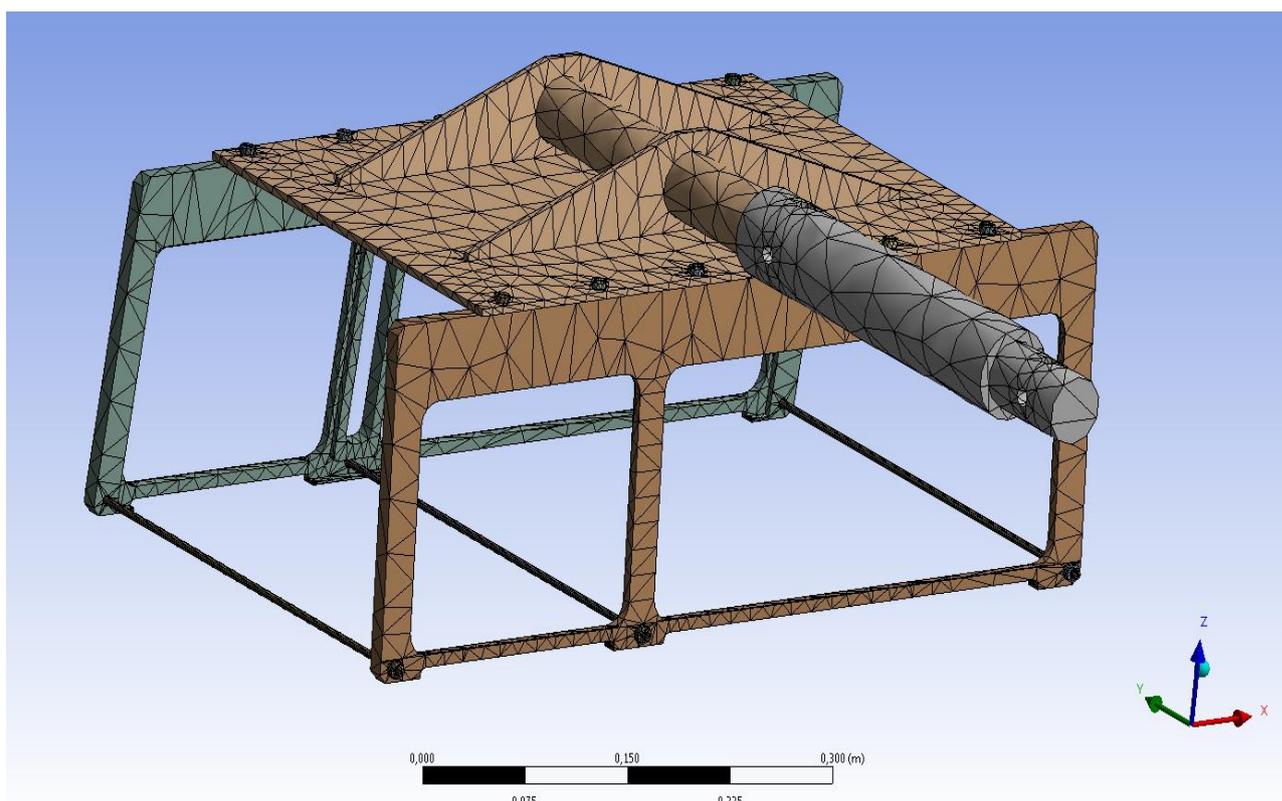


Рисунок 31 – Конечно-элементная модель захвата

Граничные условия: переходник – жесткая заделка.

Статистика КЭМ захвата:

- количество узлов 72915;
- количество элементов 25175.

3.4 Результаты расчета

Модальный анализ захвата проводился на КЭМ, показанной на рисунке 31. Для расчета использовался пакет ANSYS. В таблице 5 представлены результаты расчета на поиск резонансных частот.

Таблица 5 – Результаты расчета на поиск резонансных частот и эффективных масс по трем осям

№	Частота	Эффективная масса					
		ox	oxpot	oy	oypot	oz	ozpot
1	13,0	0,000288	0,785793	15,9858	0,000031	0,358043	0,001455
2	17,2	12,4337	0,000001	0,002704	0,865850	0,013402	0,362550
3	24,2	0,126876	0,000554	0,000337	0,445064	0,361991	0,790750
4	26,7	0,008028	0,015053	0,448450	0,012683	20,3460	0,018855
5	28,1	0,276511	0,000001	0,016139	0,062012	0,335571	0,033064
6	36,2	0,000252	0,000127	0,000017	0,000187	0,002669	0,000197
7	40,6	4,22330	0,028818	0,154826	0,026092	0,816500	0,002794
8	46,0	3,03609	0,107646	0,001132	0,007075	1,32262	0,036047
9	48,6	0,034135	0,102502	0,617803	0,000745	1,17502	0,000000
10	63,7	0,785480	0,008615	0,217879	0,000187	0,358570	0,049996

На рисунках 32 – 41 показаны формы с эффективными массами.

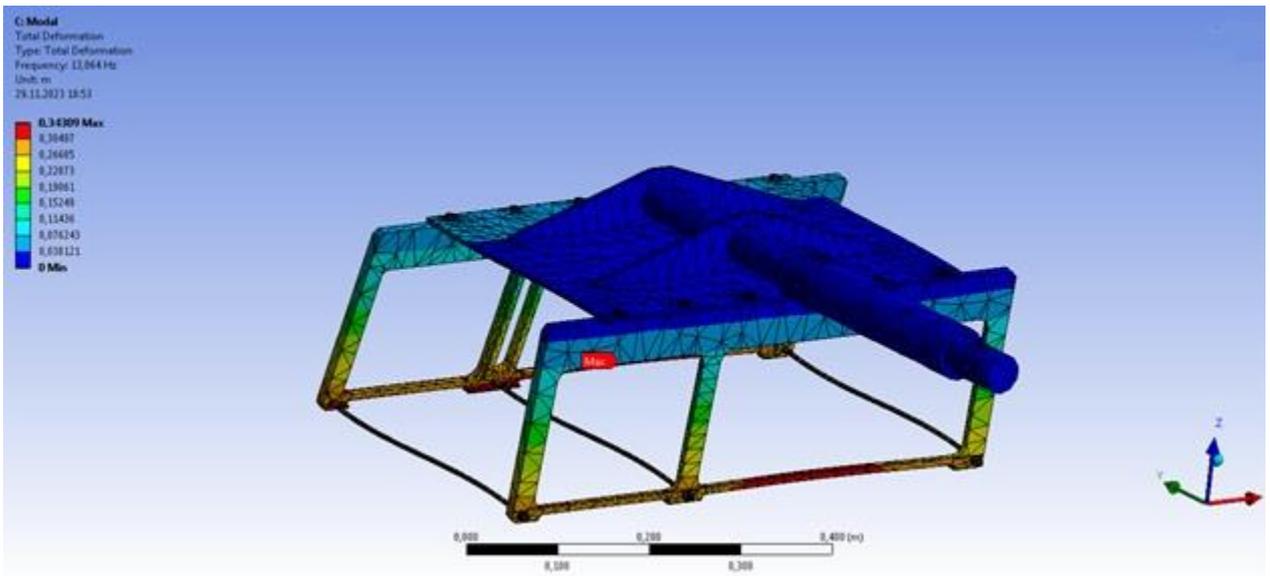


Рисунок 32 – Форма $f_1=13$ Гц, эф. масса 35 % по оси OZ

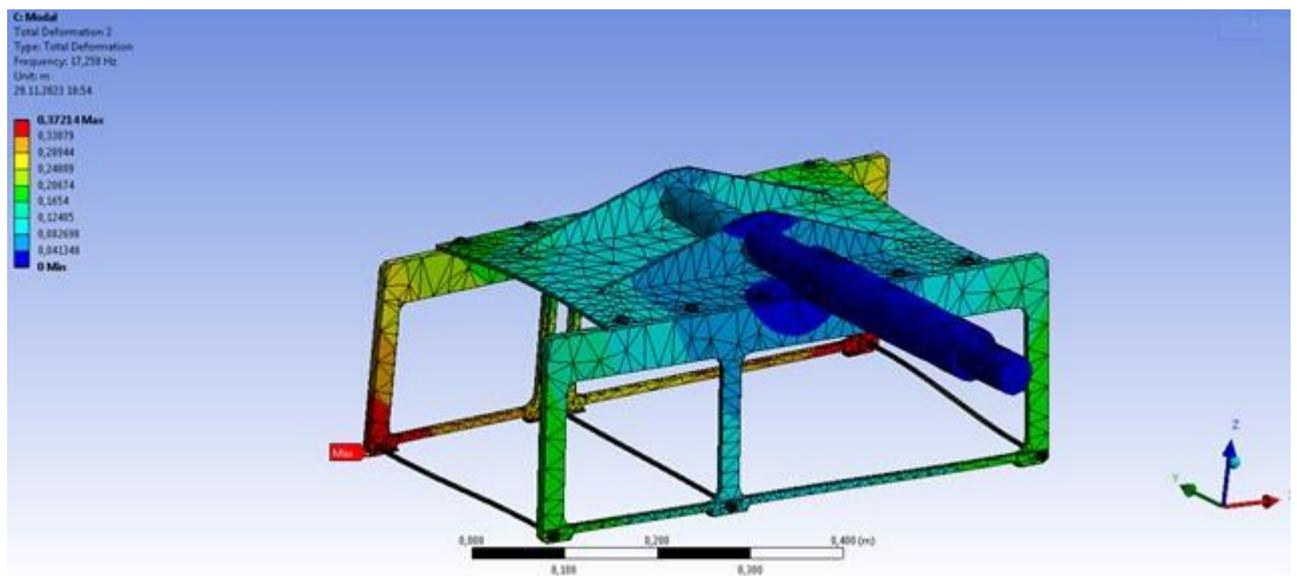


Рисунок 33 – Форма $f_2=17,2$ Гц, эф. масса 1 % по оси OZ

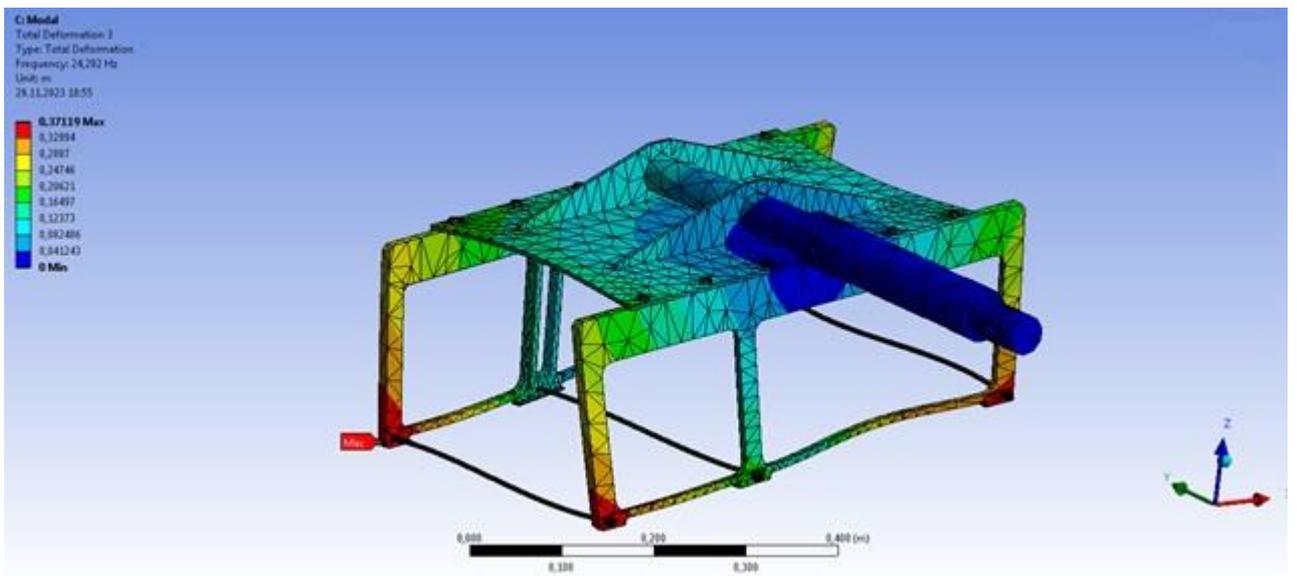


Рисунок 34 – Форма $f_3=24,2$ Гц, эф. масса 36 % по оси OZ

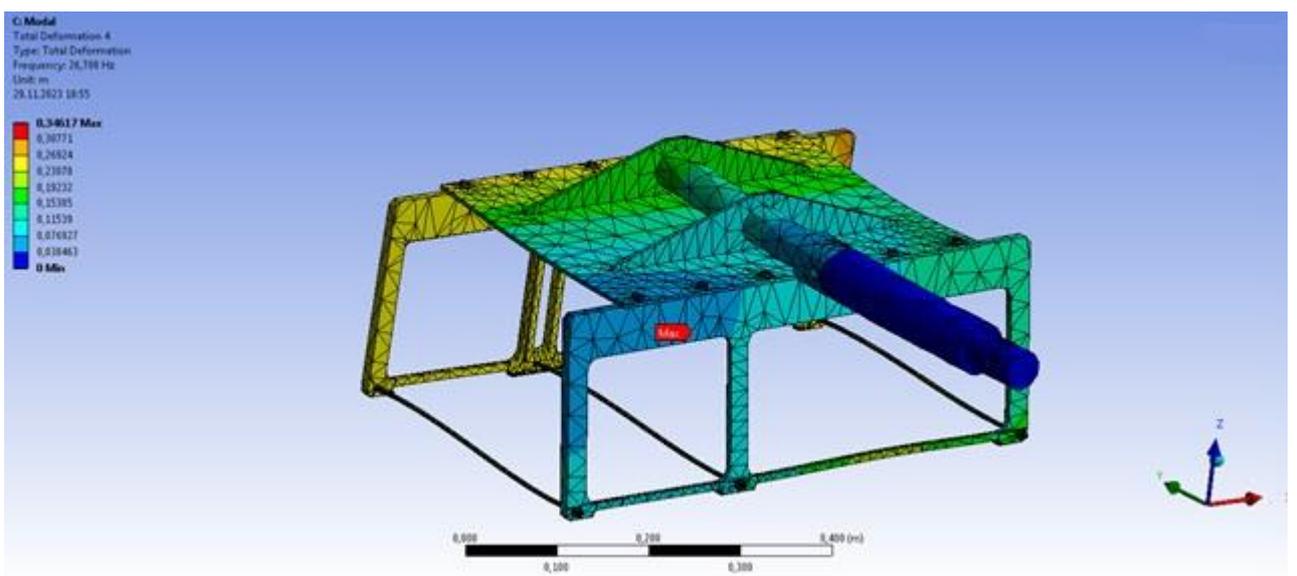


Рисунок 35 – Форма $f_4=26,7$ Гц, эф. масса 2034 % по оси OZ

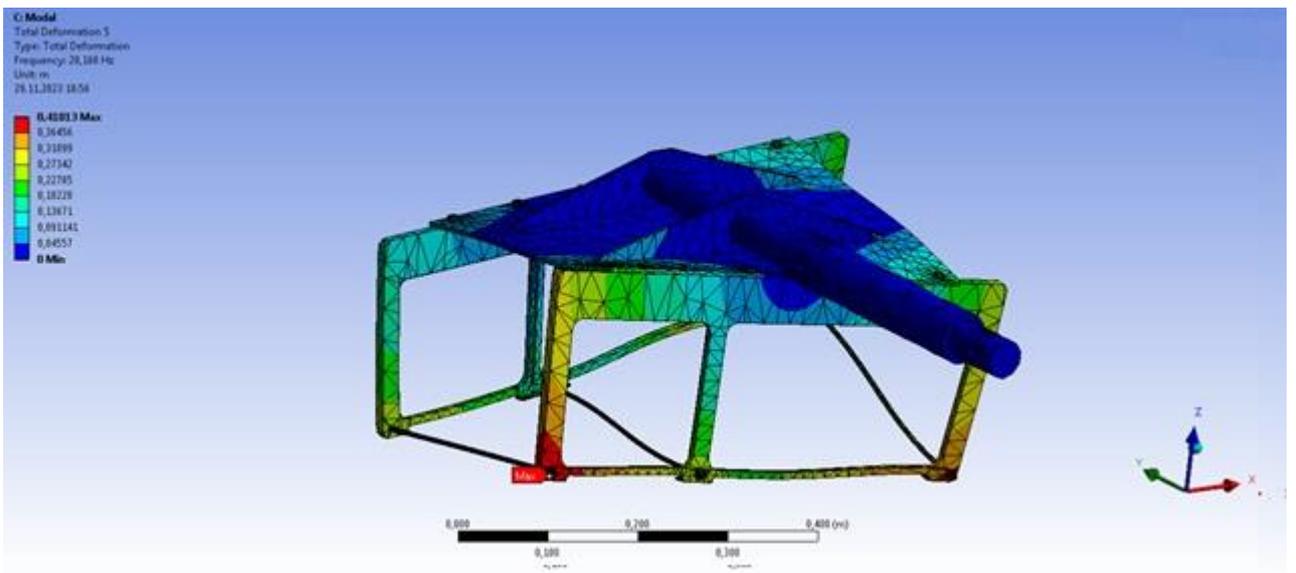


Рисунок 36 – Форма $f_5=28,1$ Гц, эф. масса 33 % по оси OZ

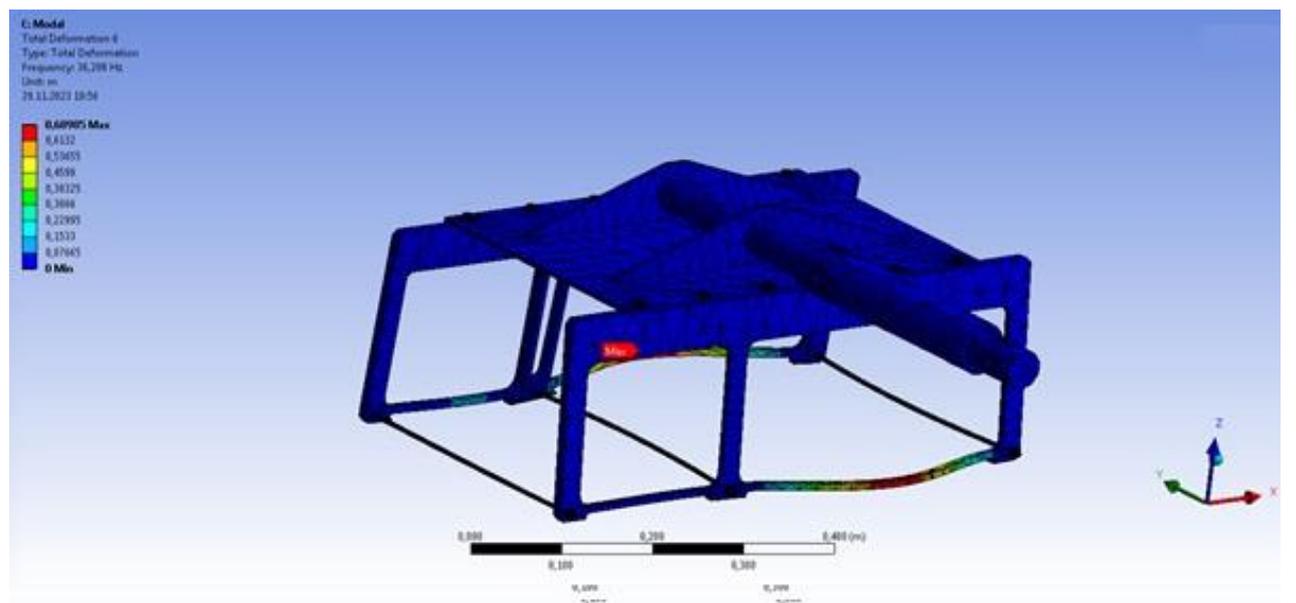


Рисунок 37 – Форма $f_6=36,2$ Гц, эф. масса 0,2 % по оси OZ

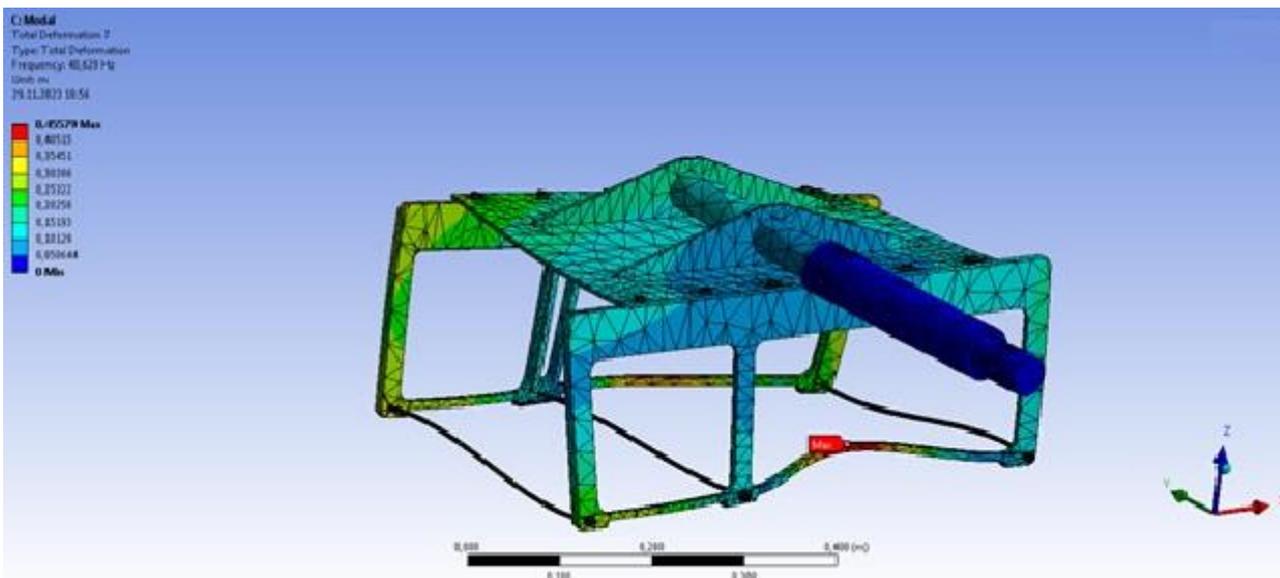


Рисунок 38 – Форма $f7=40,6$ Гц, эф. масса 81 % по оси OZ

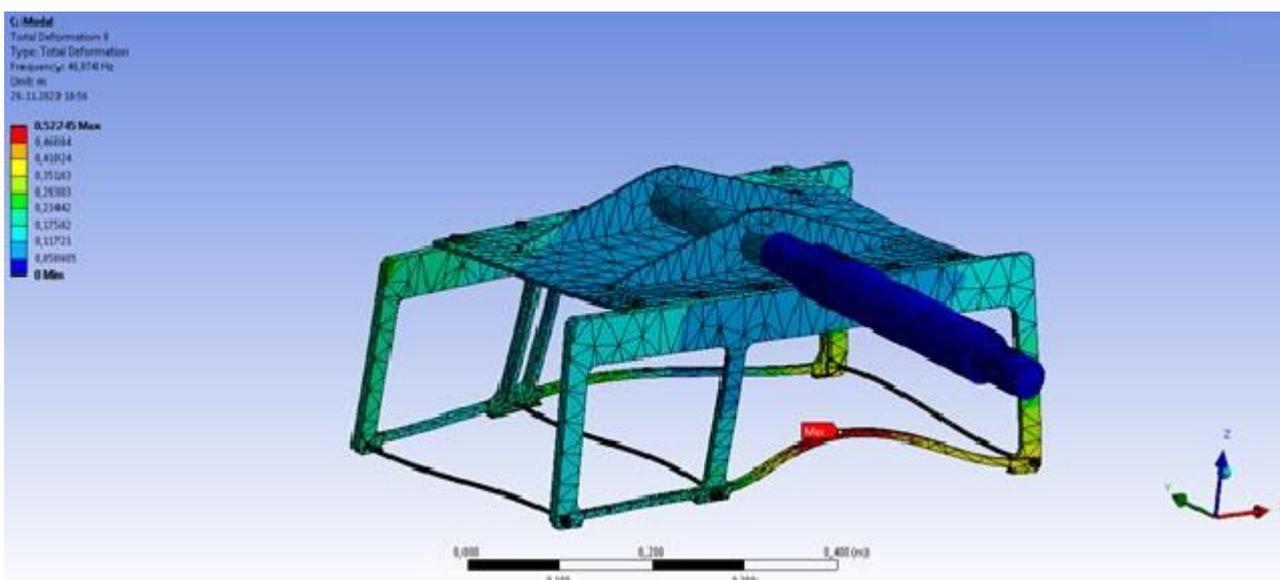


Рисунок 39 – Форма $f8=46$ Гц, эф. масса 132 % по оси OZ

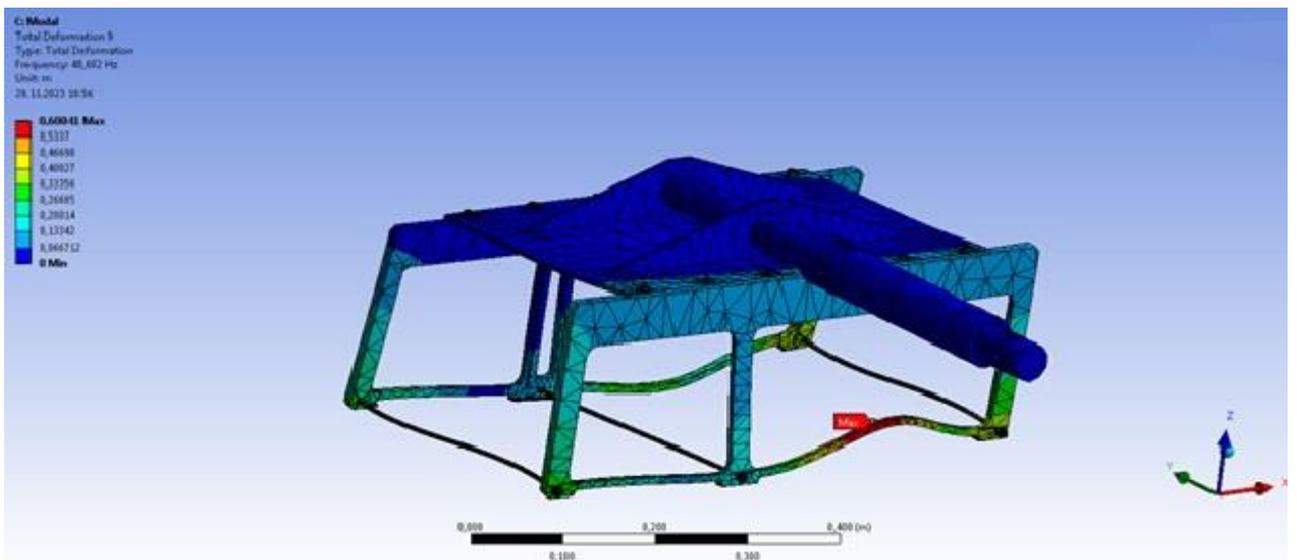


Рисунок 40 – Форма $f_9=48,6$ Гц, эф. масса 117 % по оси OZ

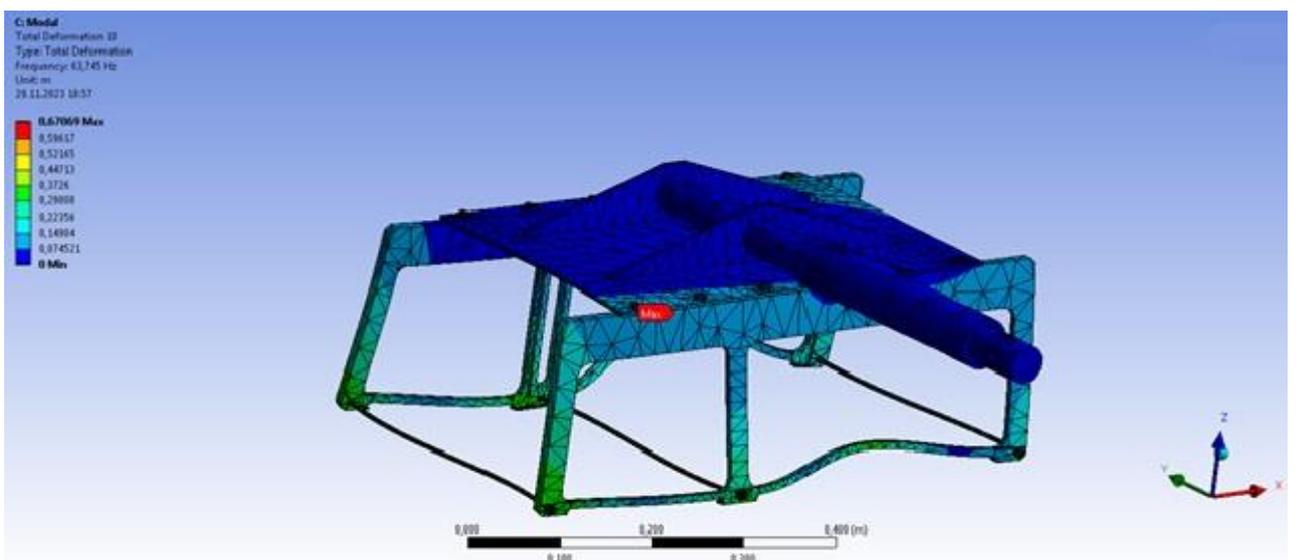


Рисунок 41 – Форма $f_{10}=63,7$ Гц, эф. масса 35 % по оси OZ

Расчет на воздействие квазистатических нагрузок

Реакция конструкции захват на воздействие квазистатических нагрузок определялись в САЕ пакете. Требования по данному воздействию заданы в таблице 3.К узлам модели по соответствующим осям прикладывалось линейное ускорение $1g$.

Максимальные перемещения (0,05 мм) имеют задняя боковая пластина по оси OZ, представленной на рисунке 42.

Минимальный запас прочности по пределу текучести ($\eta_T > 74$) имеют винты при воздействии нагрузки по оси OZ. У остальных элементов $\eta_T > 244$, представленных на рисунках 43-46.

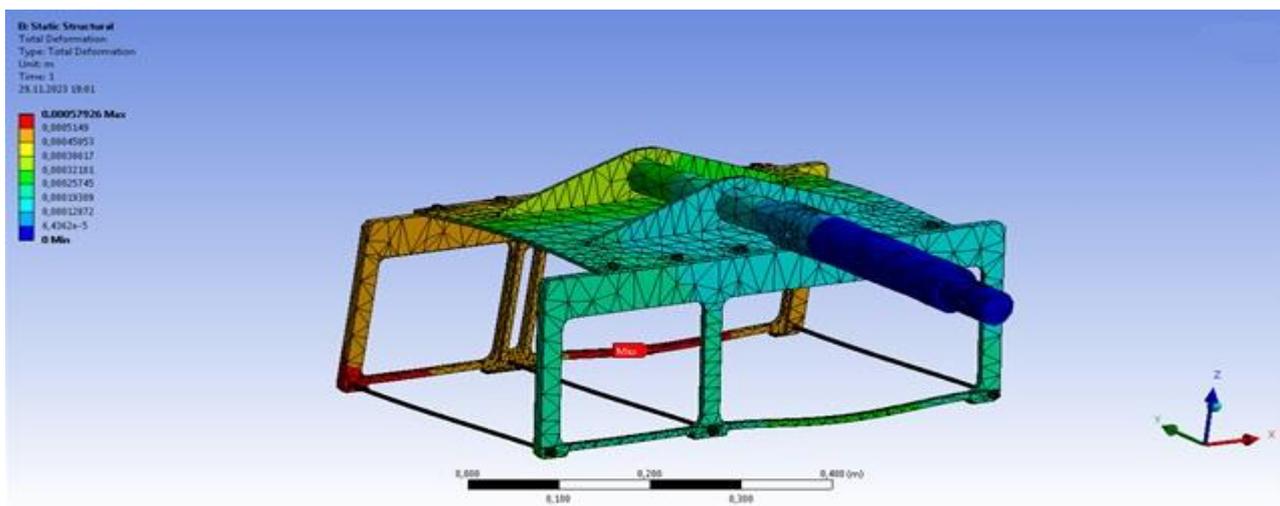


Рисунок 42 – Максимальные перемещения при воздействии статической нагрузки по оси OZ

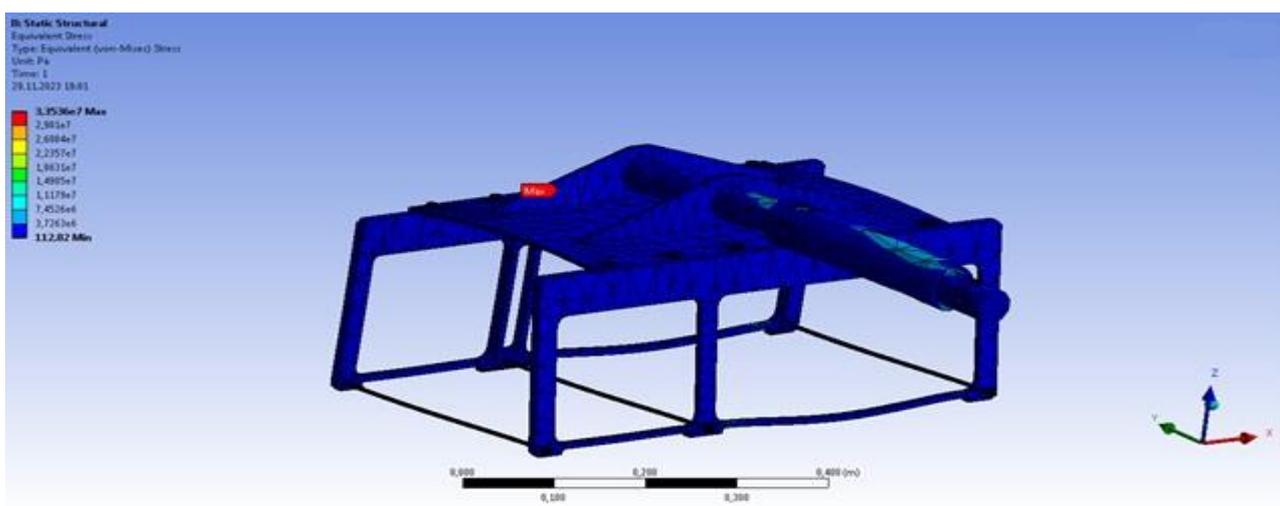


Рисунок 43– Максимальные напряжения при воздействии статической нагрузки по оси OZ

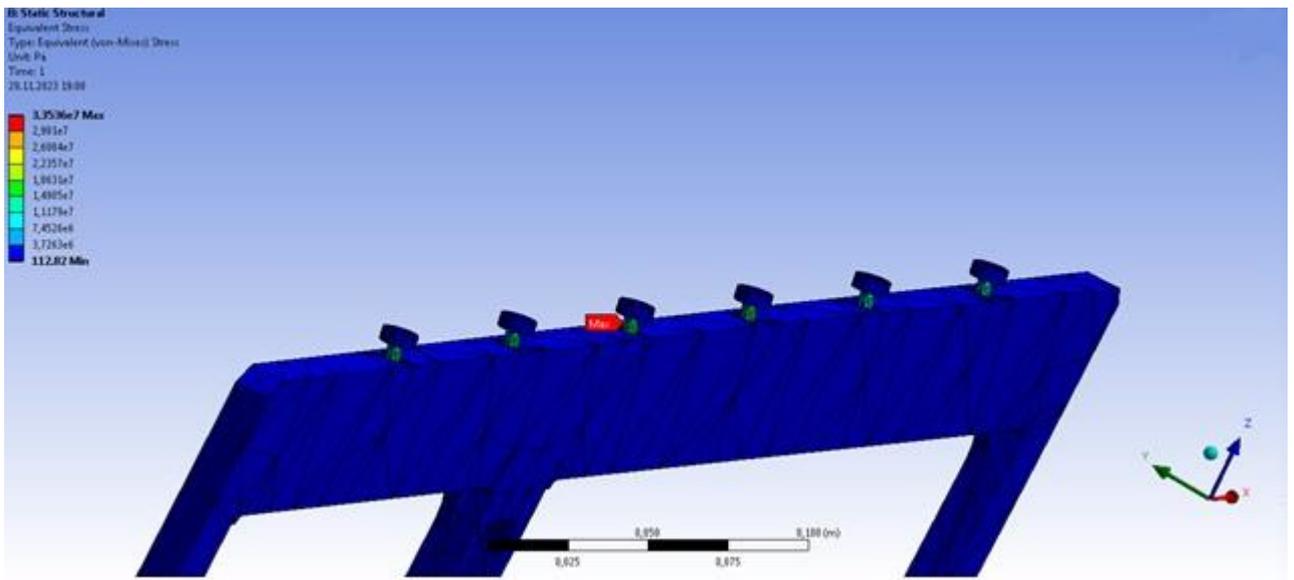


Рисунок 44 – Максимальные напряжения при воздействии статической нагрузки по оси OZ (без крышки)

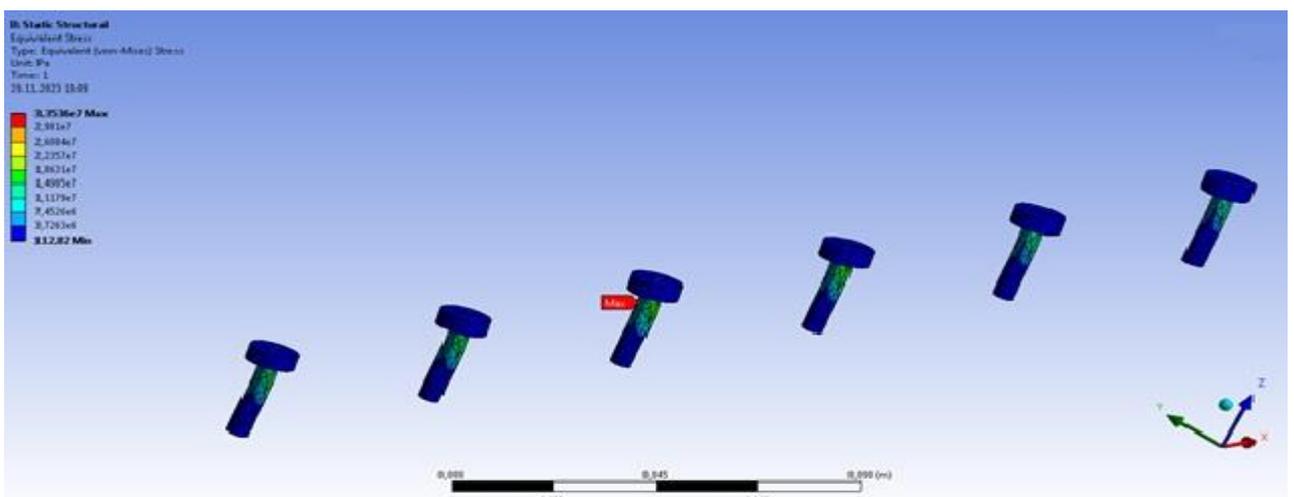


Рисунок 45 – Максимальные напряжения при воздействии статической нагрузки по оси OZ (без боковой пластины)

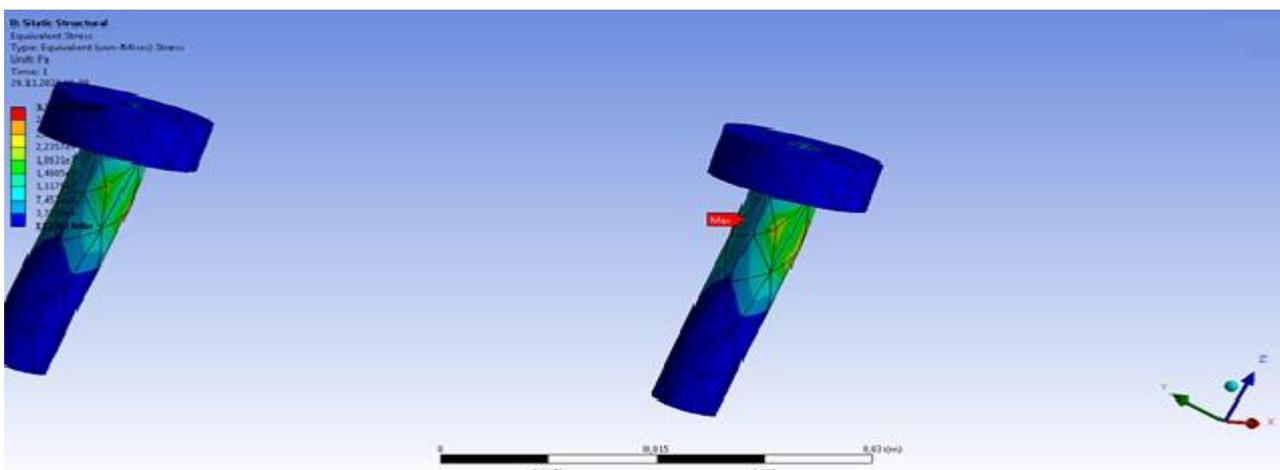


Рисунок 46 – Максимальные напряжения при воздействии статической нагрузки по оси OZ (увеличенное)

Значения запасов прочности представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Максимальные напряжения и соответствующие им запасы прочности конструкции при статической нагрузке

Материал	Предел текучести и прочности (σ_T), МПа	Направление воздействия					
		OX		OY		OZ	
		Мах. Напряжение (σ_{MAX}), МПа	Запас прочности (η)	Мах. Напряжение (σ_{MAX}), МПа	Запас прочности (η)	Мах. Напряжение (σ_{MAX}), МПа	Запас прочности (η)
Алюминий АМг6Б	166	Расчет не проводился		Расчет не проводился		0,68	244
Титан Вt14	250					3,35	74
Сталь 12X18	225					0,45	500

3.5 Анализ результатов расчета

После проведения механического анализа, мною были получены следующие результаты.

В таблице 7 приведены минимальные значения запаса безопасности и максимальные перемещения для рассмотренных расчетных случаев.

Таблица 7 – Значения запасов безопасности и перемещений для расчетных случаев

Вид воздействий	Материал	Запас прочности (min), η	Перемещение (max), мм
Квазистатическая нагрузка	Алюминий Амг6Б	2440	0,005
	Сталь 12Х18	5000	
	Титан BT14	740	

Расчет на воздействие квазистатических нагрузок на режимах таблицы 4 (1 g) показал, что запас прочности по текучести $\eta_T > 740$.

Вывод:

Мною был проведен механический анализ на виды механических нагрузок:

- определил собственные формы частот;
- провел расчет на воздействие статических нагрузок.

Минимальные запасы безопасности по всем случаям нагружения удовлетворяют критериям п. 3.2.

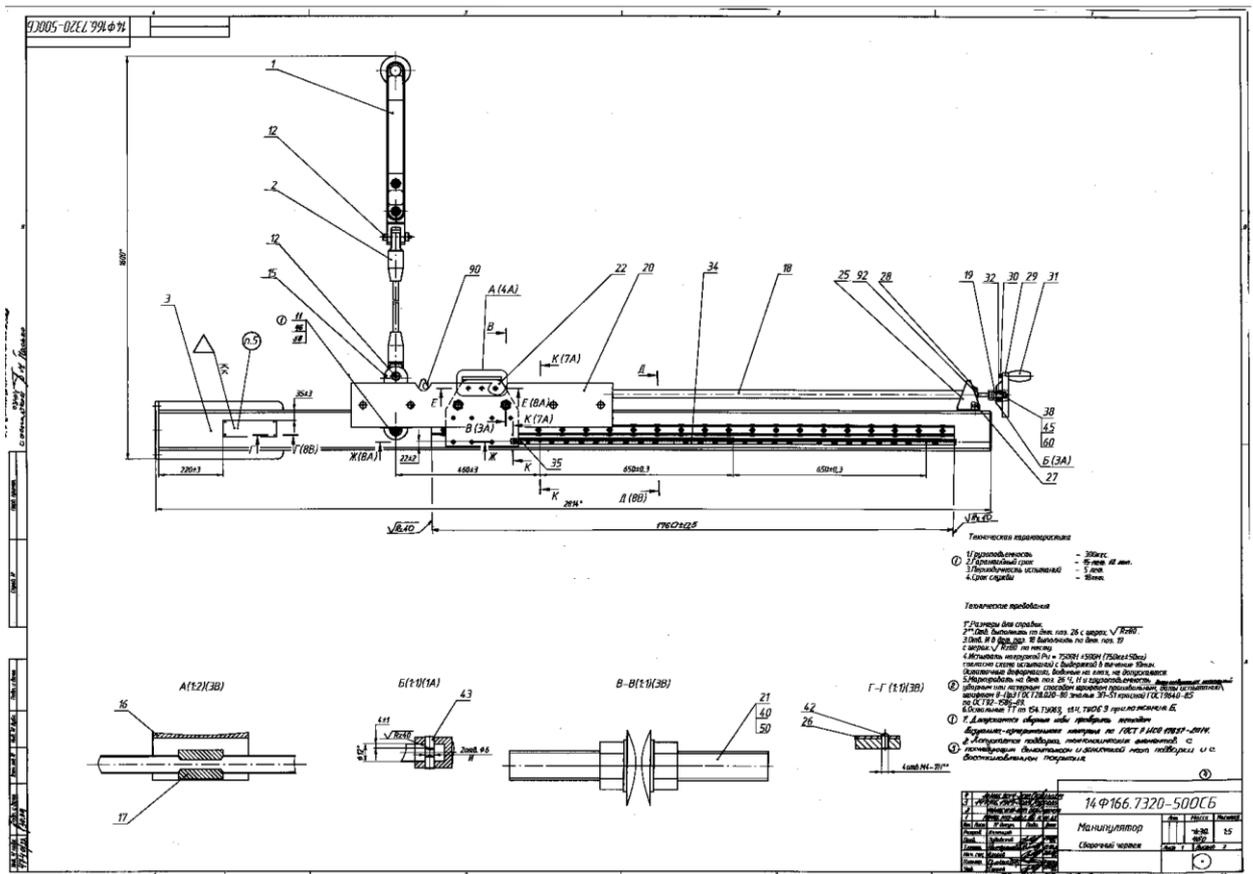


Рисунок 48 – Манипулятор. Сборочный чертеж

Настоящая ПМ распространяется на комплект технологического оборудования для монтажа прибора БУ БКУ и устанавливает объем, порядок и методику проведения технологии монтажа БУ БКУ.

При работе по настоящей ПМ необходимо дополнительно руководствоваться следующей документацией:

- технологический процесс на монтаж приборов;
- технологический паспорт на монтаж прибора БУ БКУ;
- монтаж прибора БУ БКУ на панель. Сборочный чертеж;
- технологическая инструкция по стыковке разъема типа СНП;
- захват. Сборочный чертеж;
- манипулятор. Сборочный чертеж, представлен на рисунке 47, 48.

4.1 Объект технологии обработки

Объектом технологии обработки является захват для монтажа БУ БКУ.

Состав комплекта захвата для монтажа БУ БКУ:

- крышка 1 шт., представлена на рисунке 49;



Рисунок 49– Крышка захвата

- опора 2 шт. представлены на рисунке 50;



Рисунок 50 - Опоры

- переходник 1шт (или из состава манипулятора);
- пластина 001 1шт., представлена на рисунке 51;



Рисунок 51- Пластина 001

- пластина 002 1шт., представлена на рисунке 52;

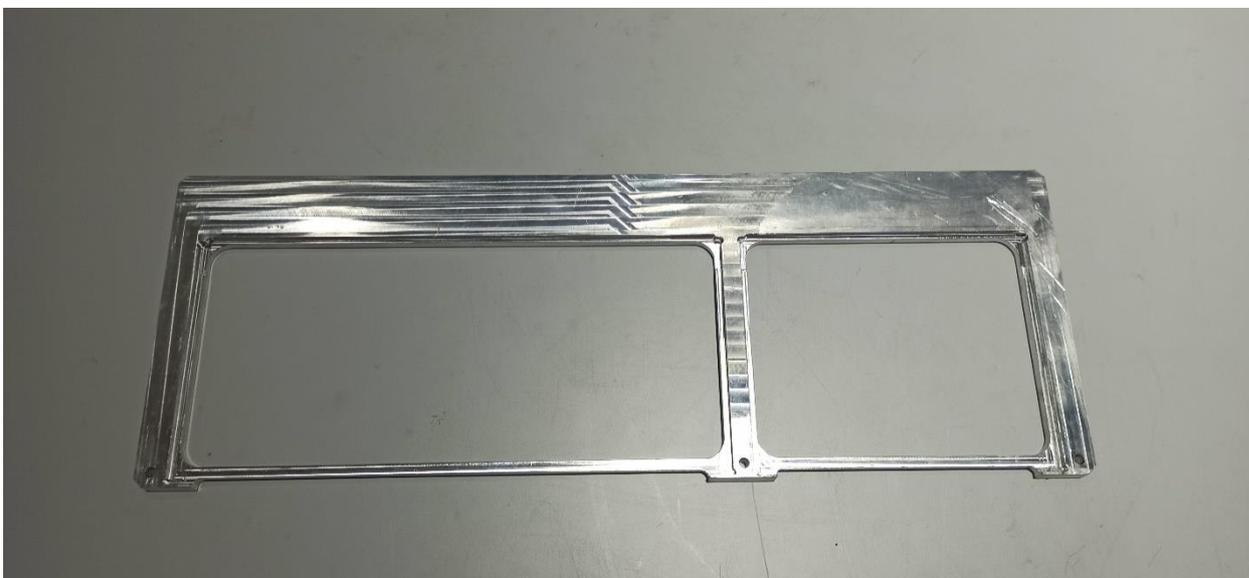


Рисунок 52- Пластина 002

- шпилька 3шт., представлена на рисунке 53;

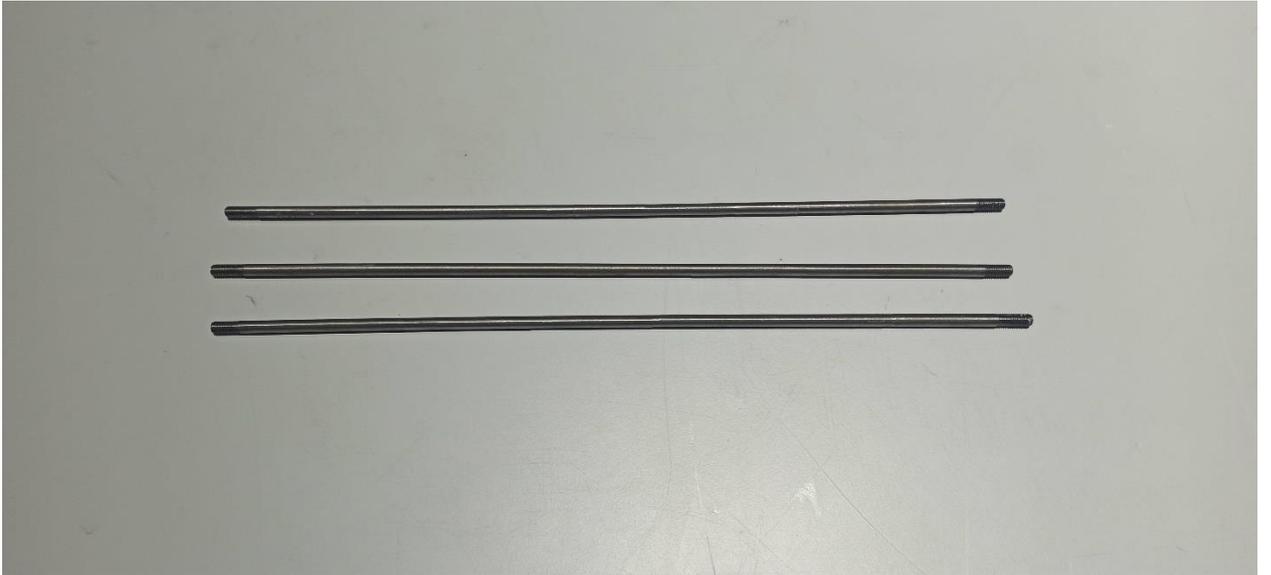


Рисунок 53- Шпильки

- гайка ОСТ 92-0742-72 М6-7Н.21.11 3шт.;
- шайба ГОСТ 11371-78 С6.21.11 15шт.;
- болт ГОСТ 7798 М6х16.

Захват в сборе представлен на рисунке 54.



Рисунок 54– Захват в сборе

Назначение оборудования.

Захват для монтажа прибора БУ БКУ представляет собой сборную конструкцию, предназначенную для монтажа прибора БУ БКУ в труднодоступном месте и последующей работой с этим прибором.

На технологию отработку предоставляется оборудование, изготовленное и укомплектованное в соответствии с КД на него.

4.2 Цель и задачи технологии отработки

Цель технологии отработки комплекта является определение его работоспособности и готовности к монтажу прибора БУ БКУ.

Задачами технологии отработки являются:

- проверка комплектности;
- проверка правильности функционирования составных частей;
- проверка надежности фиксирования прибора БУ БКУ в захвате;
- проверка надежности крепления захвата к манипулятору;
- проверка удобства монтажа прибора БУ БКУ при помощи захвата;
- проверка качества изготовления составных частей.

4.3 Место и условия проведения технологии отработки

Место проведения технологии отработки с захватом - производственное помещение, обеспечивающее следующие условия (нормальные условия) проведения отработки технологии монтажа БУ БКУ:

- температура $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность от 40 до 80 % при температуре 20 °С;
- атмосферное давление от 84 до 103 кПа (от 630 до 780 мм рт. Ст.);
- освещенность не менее 100 люкс.

Место проведения отработки технологии должно быть огорожено и на ограждении должны быть предусмотрены предупреждающие надписи, запрещающие вход посторонним лицам.

Место проведения отработки технологии монтажа прибора БУ БКУ с помощью захвата- сборочный участок цеха.

Для проведения отработки технологии монтажа прибора БУ БКУ при помощи захвата необходим обслуживающий персонал в составе трех человек, допущенный к выполнению работ в установленном порядке.

При проведении отработки технологии монтажа прибора БУ БКУ с помощью захвата, руководствоваться требованиями инструкций по охране труда, действующих на участке проведения отработки технологии.

При проведении сборки захвата необходимо обеспечить «свободную» рабочее место без лишних инструментов и ДСЕ. Не допускается наличие посторонних предметов на участке проведения работ.

При проведении отработки технологии монтажа прибора БУ БКУ с помощью захвата, не допускается нахождение посторонних лиц в рабочей зоне.

4.4 Материально – техническое обеспечение технологии отработки

При проведении отработки технологии монтажа прибора БУ БКУ с помощью захвата использовать материалы, согласно перечню расходных материалов, представленному в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень расходных материалов

Наименование	Количество	Примечание
Салфетка белая х/б из ткани бельевой ГОСТ29298	3 шт.	
Нефрас С2-80/120 ТУ 38.401-67-108	0,1 кг	
Перчатки белые трикотажные х/б размер 20 – 24 ГОСТ5007	3 пары	
Перчатки резиновые ГОСТ3-88	1 шт.	
Паста кремнийорганическая теплопроводная 131-179 ТУ20.59.41	0,3 кг	
Кисть ГОСТР 58516-2019	1 шт.	
Спирт этиловый технический ГОСТР55878-2013	0,1 кг	
Герсиласт 137-182 ТУ6-02-1-015-89	0,15 кг	
Лента «Спутник»	0,3 м ²	

Перечень необходимого для отработки технологии дополнительного оборудования, средств измерения и инструмента приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень дополнительного оборудования, средств измерения и инструмента

Наименование	Количество	Примечание
Комплект гаечных ключей	1 шт.	
Линейка –300 ГОСТ427	1 шт.	
Набор шестигранных ключей	1 шт.	
Ножницы	1 шт.	
Ключ моментный STAHLWILLE 730N/2	1 шт.	
Манипулятор 18.55.041	1 шт.	
Набор отверток	1 шт.	
Шпатель	1 шт.	
Карандаш	1 шт.	

Примечание – Допускается замена перечисленного дополнительного оборудования, средств измерения и инструмента на другие с аналогичными характеристиками.

При проведении отработки технологии монтажа прибора БУ БКУ с помощью захвата контрольно – измерительные приборы должны быть проверены, технологическое оборудование должно быть исправным и аттестованным.

4.5 Объем и последовательность проведения отработки технологии

Объем и последовательность проведения отработки технологии монтажа прибора БУ БКУ приведены в таблице 10.

Примечание – Не допускается изменять последовательность отработки технологии.

Таблица 10 – Объем и последовательность отработки технологии

№ п/п	Вид и последовательность отработки технологии	Номер пункта ПМ
Исходное положение: - прибор БУ БКУ на рабочем столе; - захват (в разобранном виде) на рабочем столе; - манипулятор на кран-балке.		
1	Проверка комплектности захвата	6.1
2	Визуальный осмотр захвата	6.2
3	Сборка захвата	6.3
4	Установка прибора БУ БКУ в захват	6.4
5	Стыковка соединителей типа СНП	6.5
6	Нанесение теплопроводной пасты на приборы БУ1 и БУ2	6.6
7	Стыковка захвата с манипулятором	6.7
8	Монтаж прибора БУ БКУ с помощью захвата и манипулятора	6.8
9	Отстыковка захвата от манипулятора	6.9
10	Разборка захвата	6.10
11	Заключительные операции по окончании работ с захватом	6.11

4.6 Методика технологии отработки

Методика технологии обработки заключается в следующем:

1) проверить комплектность составных частей комплекта на соответствие;

2) визуальный осмотр захвата;

Провести визуальный осмотр захвата:

а) проверить отсутствие:

- трещин, сколов, вмятин, следов коррозии на конструкции захвата.

Механические и другие видимые повреждения элементов конструкции не допускаются;

- острых углов и поверхностей с неровностями, представляющими опасность получения травмы обслуживающим персоналом. Острые углы, необработанные кромки и поверхности с неровностями не допускаются.

б) проверить состояние крепежных деталей. Грани поверхностей «под ключ» не должны быть сбитыми.

3) сборка захвата. Сборку захвата производить по сборочному чертежу, соблюдая все технические требования. Отклонение от требований не допустимо;

4) установка прибора БУ БКУ в захват. Установку прибора БУ БКУ в захват осуществлять вручную двумя слесарями – сборщиками летательных аппаратов (ЛА);

Последовательность установки:

- установить приборы БУ1 и БУ2 на пластину 1;

- установить шлейфы между БУ1 БУ2. Состыковать шесть разъемов типа СНП согласно технологической инструкции;

- установить боковые рамки 2 и 3 с широкой стороны приборов, так чтобы рамка с отверстиями М6 была со стороны стыковки шлейфов БУ1 и БУ2 и чтобы они вошли в пазы;

- установить крышку 4 и закрепить винтами 5;

- установить шпильки и зафиксировать их гайками.

5) стыковка соединителей типа СНП;

6) перевернуть захват с приборами БУ1 и БУ2 и установить на опоры.

Нанесение теплопроводной пасты на приборы БУ1 и БУ2. Нанести теплопроводную пасту на основание приборов БУ1 и БУ2, согласно технологической инструкции;

7) стыковка захвата с манипулятором. Состыковать через переходник захват (в сборе с приборами БУ1 и БУ2) с манипулятором при помощи шплинт, штифт (из состава манипулятора);

8) монтаж прибора БУ БКУ с помощью захвата и манипулятора. Осуществить монтаж прибора БУ БКУ на сотовую панель согласно технологической инструкции;

9) отстыковка захвата от манипулятора. Отстыковать захват от манипулятора с соблюдением всех правил охраны труда;

10) разборка захвата. Разобрать захват с прибора БУ БКУ в обратной последовательности сборки, согласно сборочному чертежу на захват;

11) заключительные операции по окончании работ с захватом:

- провести визуальный осмотр захвата на предмет трещин, сколов;
- провести осмотр установленных приборов;
- упаковать захват в упаковочную тару для хранения;
- передать в инструментальную распределительную кладовую на хранение.

4.7 Порядок взаимодействия организаций, участвующих в отработке технологии

Участие сторонних организаций и других подразделений не требуется.

Вывод: в данном разделе магистерской диссертации мною была проведена отработка комплекта захвата для монтажа прибора БУ БКУ и определена его работоспособность и готовность к монтажу прибора БУ БКУ.

Решил задачи технологии отработки:

- проверка комплектности;
- проверка правильности функционирования составных частей;
- проверка надежности фиксирования прибора БУ БКУ в захвате;
- проверка надежности крепления захвата к манипулятору;
- проверка удобства монтажа прибора БУ БКУ при помощи захвата;
- проверка качества изготовления составных частей.

Недостатков во время отработки не выявлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной диссертационной работы стала разработка специализированной оснастки для монтажа прибора блока управления бортового комплекса управления.

В ходе работы были решены следующие задачи:

- 1) рассмотрел проблему при монтаже блока управления бортового комплекса управления;
- 2) разработал специализированную оснастку для решения этой проблемы;
- 3) провел механический анализ специализированной оснастки;
- 4) провел отработку комплекта специализированной оснастки и определил его работоспособность, и готовность к монтажу приборов блока управления бортового комплекса управления. Недостатков во время отработки не выявлено.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АО – акционерное общество;
- АРН – аппаратура радионавигации;
- АФУ – антенно – фидерные устройства;
- БК – блок коррекции;
- БМ СНА – блок механической системы наведения антенн;
- БН – блок наддува;
- БПК – блок подачи ксенона;
- БТК – бюро технического контроля;
- БУ – блок управления;
- БУ БКУ – блок управления бортового комплекса управления;
- БЭК – безэховая камера;
- ВЧ – высокочастотный;
- ВП – военное представительство;
- ГОСТ – государственный отраслевой стандарт;
- ДБ – двигательный блок;
- ДСЕ – детали и сборочные единицы;
- ДНС – датчик направления на Солнце;
- ЖТ – жидкостный тракт;
- ЗД – статистический Земной датчик;
- КА – космический аппарат;
- КБВД – ксеноновый бак высокого давления;
- КВП – коаксиально – волноводный переход;
- КД – конструкторская документация;
- КИС – командно – измерительная система;
- КЮР – контрольно – юстировочные работы;
- ЛА – летательный аппарат;
- МБТ – межблочные трубопроводы;
- МИК – монтажно – испытательный комплекс;

МПН – модуль полезной нагрузки;
МСС– модуль служебных систем;
МУ – механическое устройство;
НЧ – низкочастотный;
ОПУ – опорно–поворотное устройство;
ОСО-С – оптический солнечный отражатель с серебряным покрытием;
ОТК – отдел технического контроля;
ПН – полезная нагрузка;
ПМ – программа и методика
ПП – пиропотрон;
ПС – переходная система;
РМ – рабочее место;
РЭ – руководство по эксплуатации;
СБ – сборочный чертёж;
СД – статический солнечный датчик;
СНА – система наведения антенн;
СОС – система ориентации и стабилизации;
СИЗ – средства индивидуальной защиты;
СК – система коррекции;
СКК – силовая конструкция корпуса;
СНП - соединители низкочастотные прямоугольные;
СТИ – статические испытания;
СТО – средства технического оснащения;
ТБИ – термобалансные испытания;
ТВИ – тепловакуумные испытания;
ТО – техническое обслуживание;
ТУ – технические условия;
ЭВТИ – экранно-вакуумная теплоизоляция;
ЭО – электрообогреватель;
ЭС – электронные системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Чеботарев, В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения: учебное пособие / В. Е. Чеботарев, В. Е. Косенко. - Красноярск: Сибирский государственный аэрокосмический университет, 2011. - 488 с.
- 2 Федюнин, Д. А. Крупносерийное производство космических аппаратов на базе существующего производства // Гагаринские чтения МАИ, Сборник тезисов докладов. / Д. А. Федюнин. - Москва: 2020. - с 762-763.
- 3 Гущин, В. Н., Основы устройств космических аппаратов: учебник для вузов / В. Н. Гущин. - Москва: Машиностроение, 2013. - 272 с.
- 4 Ефремов, А. Г. Малые спутники в сетях связи и вещания / А. Г. Ефремов, В. В. Витер и др. // Журнал «Технологии и средства связи». — 2010. — № 1.
- 5 Тестоедов, Н. А., Технология производства космических аппаратов: учебник для вузов. / Н. А. Тестоедов. - Красноярск: Сибирский государственный аэрокосмический университет, 2009.- 352 с.
- 6 Савиных, В. П., История создания оптических модулей и малых космических аппаратов / В. П. Савиных // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2014. - № 3. - С. 103-110.
- 7 Космические аппараты производства АО «РЕШЕТНЁВ»: официальный сайт. - 2024. - URL: <https://www.iss-reshetnev.ru/projects> (дата обращения: 11.02.2024).
- 8 Большая советская энциклопедия: официальный сайт. – 2023. - URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/93120/Кантователь> (дата обращения: 20.12.2023).
- 9 Справочник «Всё сделал»: официальный сайт. // Космическое машиностроение. – 2023. – URL: https://spravochnikvs.com/kosmicheskoe_mashinostroenie?ysclid=17x7mmmedu846743041 (дата обращения: 02.11.2023).

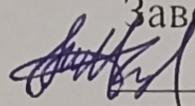
- 10 Фортескью, П., Суайнерд, Г., Старк Д., Разработка систем космических аппаратов: учебное пособие - Альпина Паблицер. - 2011.- 764 с.
- 11 Новиков, М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов: учебное пособие / М. П. Новиков. – Москва: Машиностроение, 1960. – 592 с.
- 12 Беляков, И. Т. Общие вопросы технологии сборки, монтажа и испытаний ЛА: учебное пособие / под ред. И. Г. Белякова; Москва авиац. ин-т. – Москва, 1961. – 102 с.
- 13 Егоров, М. Е. Технология машиностроения: учебник для вузов / М. Е. Егоров. – Москва: «Высш. Школа», 1976. – 534 с.
- 14 Кузнецов, А. А. Вибрационные испытания элементов и устройств автоматики: учебное пособие / А. А. Кузнецов. – Москва: Энергия, 1976. – 120с.
- 15 Беляков, И. Т. Технологическая подготовка производства ЛА: учебник для вузов / под ред. И. Т. Белякова. - Москва: авиац. Ин-т, 1981. – 280 с.
- 16 Алферов, Т. К. Технологичность конструкций изделий: справочник / Т. К. Алферов, Ю. Д. Амиров, П. Н. Волков. – Москва: Машиностроение, 1985. – 368 с.
- 17 Данькин, В. В. Приспособление для базирования и закрепления заготовок по внутреннему диаметру / А. С. Козырев // Материалы XXVI Международной научно – практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно – космических систем академика М.Ф. Решетнева «Решетневские чтения»: Издательство СибГУ им. М.Ф. Решетнева – Красноярск, 2022.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.В. Кузовников
подпись инициалы, фамилия

«22» июня 20 24 г

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Совершенствование технологии монтажа прибора блока управления бортового
комплекса управления с помощью специализированной оснастки»

тема

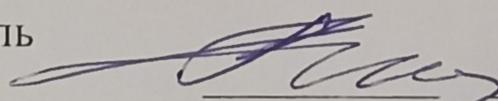
15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

код и наименование направления

15.04.05.02 «Технологии производства космических аппаратов»

код и наименование магистерской программы

Руководитель

 профессор МБК ПФиКТ,
д-р техн. наук, профессор
подпись, дата 22.06.24 должность, ученая степень

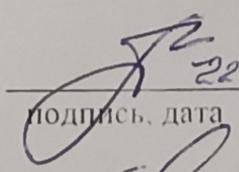
В.В. Двирный
инициалы, фамилия

Выпускник

 22.06.24
подпись, дата

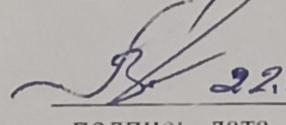
А.С. Козырев
инициалы, фамилия

Рецензент

 22.06.24
подпись, дата инженер по качеству цех
037 АО «РЕШЕТНЕВ»
должность, ученая степень

Ю.А. Петрова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 22.06.24
подпись, дата профессор МБК ПФиКТ,
д-р техн. наук, доцент
должность, ученая степень

В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Красноярск 2024