

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Высшая школа электроники и компьютерных наук  
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Н.И. Войтович  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Разработка модуля миниатюрного преобразователя напряжения 27В-5В  
мощностью 5 Вт

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-110303.2019.106.03.00 ВКР

Руководитель работы  
Доцент кафедры КиПР  
\_\_\_\_\_ Клыгач Д.С.  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы  
студент группы КЭ-460  
\_\_\_\_\_ Воцило А.С.  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролёр  
\_\_\_\_\_ Юнгайтис Е.М.  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Вошило А.С. Разработка модуль миниатюрного преобразователя напряжения 27в-5в мощностью 5 Вт. – Челябинск: ЮУрГУ, ВШ ЭКН; 2019, 42 с. 11 ил., библиогр. список – 12 наим., 23 прил., 20 листов ф. А4; 7 листов ф. А3; 7 листов ф. А2; 2 листа ф. А1.

В выпускной квалификационной работе был разработан модуль миниатюрного преобразователя напряжения 27в-5в мощностью 5 Вт.

В данной работе была разработан: корпус модуля, электромонтаж внутри стенда, трансформатор и дроссель, колодки, создана 3D модель стенда для проведения теплового расчета, разработан комплект конструкторской документации.

Для автоматизации процесса проектирования были использованы программные пакеты: Autodesk AutoCAD, Altium Designer, Solidworks Premium.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Вошило А.С.			Лит.	Лист	Листов
Пров.		Клыгач Д.С.				8	61
Консул.		Палкин А.А.			ЮУрГУ Кафедра КиПР		
Н. Контр.		Юнгайтис.Е.М					
Утв.		Войтович					

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	13
2 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	14
3 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	15
4 АББРЕВИАТУРЫ.....	17
5 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	18
5.1 Анализ схемы электрической принципиальной.....	18
5.2 Разработка механической части модуля .....	19
5.3 Разработка печатного узла.....	23
5.4 Тепловой расчёт модуля .....	28
6 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ МОДУЛЯ.....	36
6.1 Общие положения.....	36
6.2 Объем испытаний.....	38
6.3 Условия, режимы, порядок, место проведения, виды и этапы испытаний.....	40
6.4 Материально-техническое обеспечение испытаний.....	41
6.5 Метрологическое обеспечение испытаний .....	44
6.6 Отчетность .....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	46
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	47
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	62

ПРИЛОЖЕНИЕ З.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ И.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ К.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Л.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ М.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Н.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ О.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ П.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ Р.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ С.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Т.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ У.....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ Х.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ Ч.....	78

## ВВЕДЕНИЕ

Радиоэлектроника стремительно развивается в последние несколько десятилетий. Каждое радиоэлектронное устройство требует питание. Устройства питания подразделяются на первичные и вторичные источники питания. В данной работе рассмотрен модуль вторичного источника электропитания. Для снижения массы и повышения коэффициента полезного действия, источники питания стали делать импульсные.

Задачи ИВЭП: 1) ИВЭП должен обеспечивать передачу мощности с минимальным потерями и с заданными характеристиками. Как правило источники питания берут с запасом. 2) Преобразование формы напряжения. например преобразование напряжения промышленной частоты (50 Гц) в постоянное. 3) Изменение величины напряжения. ИВЭП применяются как для повышения напряжения, так и для понижения. Часто бывает преобразование в несколько напряжений различной величины. 4) Стабилизация. Самое распространенное стабилизация по току и напряжению. Значения должны придерживаться заданных значений, не смотря на дестабилизирующие факторы, например, такие как: изменения входных токов и напряжений, помехи различной частоты, длительности и амплитуды. 5) Защита. Защита от короткого замыкания. Напряжение и ток могут выходить за свои пределы, связанные с неисправностью цепей и элементов РЭС. 6) Гальваническая развязка. Суть Гальванической развязки заключается в передачи электрического энергии без непосредственного физического контакта между цепями. 7) Регулировка. В процессе эксплуатации устройства, может потребоваться изменение параметров вторичного источника питания для корректной работы РЭС. 8) Управление. Управление подразумевает собой изменение выходных параметров источника питания. Эти изменения могут

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

происходить как в автоматическом режиме, так и с помощью управляющих сигналов или с помощью органов управления, таких как реостат.

Модуль предназначен для бортовой и наземной аппаратуры ракетно-космической техники, для обеспечения постоянным напряжением плюс 3,3В. Модуль будет производиться в мелкосерийном производстве. Сравнивая подобные модули других производителей, можно отметить, что данный модуль имеет лучше массогабаритные характеристики

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

## 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Выпускной квалификационной работе требуется разработать модуль миниатюрного преобразователя напряжения 27 В - 5 В мощностью 5Вт 110303.2019.460.03.01. В исходных данных нам даны:

- рассчитанная электрическая схема;
- список элементов;
- электрические параметры и минимальные размеры для нормального функционирования дросселя и трансформатора.

В работе необходимо сделать:

- построить 3-Д модель корпуса и КД на него;
- разработать электрические компоненты, входящие в модуль (дроссель, трансформатор, колодки(разъёмы));
- создать библиотеку элементов в Altium Designer;
- оформить принципиальную электрическую схему по ГОСТу;
- оформить перечень элементов;
- проектирование печатной платы;
- проведение теплового расчёта;
- разработка методики испытаний и проверки модуля;
- создание КД на модуль и его составляющие в полном объёме.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

## 2 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

В выпускной квалификационной работе необходимо разработать модуль миниатюрного преобразователя напряжения 27В-5В мощностью 5Вт 110303.2019.460.03.01.

Модуль предназначен для унифицированного источника вторичного электропитания, позволяющего сформировать блоки питания для аппаратуры ракетно-космической техники.

Основная часть модуля преобразования напряжения представляет собой непосредственно многослойную плату, на которую монтируются радиоэлементы поверхностного монтажа, за исключением дросселя, дроссель приклеивается на клей, выводы монтируется на отведённые контактные площадки. Корпус модуля изготавливается литьём. Размер корпуса должен составлять 50x30 мм. В местах крепления модуля реализовано два радиуса скругления, это необходимо для обеспечения нужного пространства гаек крепления модуля питания. В корпус монтируется многослойная плата, которая крепится на два болта в отверстия МПП расположенных по диагонали платы. В корпус монтируется трансформатор, припаиваются выводы на МПП. Затем монтируются колодки (выводы из корпуса модуля). На заключительном этапе идёт проверка работоспособности электрической части всего модуля, после чего модуль заливают компаундом и герметизируют корпус. После окончательной сборки модуля, модуль подвергается испытаниям, которые более подробно описаны в одном из разделов ПЗ.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



### 3 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник конструктора РЭА. Общие принципы конструирования

Книга содержит типовые схемы герметизации конструкции различных типов соединений. Содержатся формулы для расчёта надёжности герметичного соединения, неразборных и разборных соединений. Содержится защита РЭС от тепловых воздействий. Так же приведены методы расчёта динамических воздействий.

2. В.Н. Богданов, Справочное руководство по черчению. В книги

содержатся вся основная информация необходимая для оформления конструкторской документации модуля преобразователя напряжения согласно единой системе конструкторской документации. Технические требования к крепёжным резьбовым деталям. Нанесение предельных отклонений и допусков и многое другое, связанное с оформлением конструкторской документацией.

3. А.И. Самохоцкий, Технология металлов и авиационные материалы. В

книге содержатся технологические сведения о литье (корпус модуля изготавливается литьём). Приведен химический состав сплавов их физические характеристики используемых в изготовлении модуля. Указания для упрочнения и получения нужных свойств материалов, достижения определённой прочности и жёсткости.

4. Сабунин А.Е. Altium Designer новые решения в проектировании новых

устройств. В книге описывается руководство пользователя в программе Altium Designer, хотелось бы подчеркнуть наиболее востребованные темы, взятые из книги: системные настройки, создания и редактирование базы данных элементов, создание полигонов, создание многослойной платы, работа с слоями, экспорт gerber файла.

5. Каленкович Н.И. Радиоэлектронная аппаратура и основы её

конструкторского проектирования. Из книги используются следующие

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

сведения: Защита РЭС от дестабилизирующих факторов таких как: удары, ускорения, вибрации, акустические шумы, влага; Рассматриваются способы защиты от влаги, способы отвода тепла от РЭС; Основные методы проектирования печатных плат.

6. ГОСТ 2.123-93. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании. Использовано при создании конструкторской документации.

7. ГОСТ 2.417-91. ЕСКД платы печатные. Правила выполнения чертежей. Использовано при создании конструкторской документации на печатную плату.

8. ГОСТ 2.113-75 ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы. Использовано при создании конструкторской документации.

9. СТО ЮУрГУ 21-2008. Курсовая и выпускная квалификационная работа. Требования к содержанию и оформлению. Использовалась при оформлении КД и ПЗ.

10. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Использовалась при оформлении КД и ПЗ.

11. Фридман Е.И. Герметизация радиоэлектронной аппаратуры. Использованы сведения о герметизации изделий - М. Энергия, 1978-360 с.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

#### 4. АББРЕВИАТУРЫ

ШИМ – широтно-импульсная модуляция

ИВЭП – источники вторичного электропитания

РЭС – радиоэлектронное средство

МПП – многослойная печатная плата

СУ – система управления

РН – ракета-носитель

ЭРИ – электрорадиоизделия

ПЗ – пояснительная записка

ААП – Аппаратура автономных проверок

КЭ – Конечный элемент

РФ – Российская федерация

КПД – коэффициент полезного действия

При – предварительные испытания

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

## 5 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Анализ схемы электрической принципиальной

Принцип работы схемы. Модуль представляет собой импульсный блок питания. На вход X1 и X3 подаётся постоянное напряжение от 18 до 36 вольт. Когда транзистор VT1 открывается, на обмотке формируется импульс. Транзистор VT1 работает в импульсном режиме для создания ШИМ, для корректной работы модуля.

В трансформаторе есть три обмотки. Первичная обмотка с выводами 1, 2, на неё подаётся постоянное напряжение от 18 до 36 Вольт. На обмотку с выводами 3,4 передаётся основная мощность с напряжением 3,3 вольта. Обмотка с выводами 5,6 предназначена для питания микросхемы DD1

Конденсаторы C1, C2, C5, C6 предназначены для накопления энергии и формирования постоянного напряжения, после выхода обмоток 5,6.

В схеме присутствуют конденсаторы одинакового номинала и характеристик. Это объясняется тем, что по условиям заказчика, а именно: все элементы должны быть отечественного производства и заданного качества. Конденсаторы с заданными свойствами и большей ёмкостью в РФ с военной приёмкой не выпускают.

Разъём X5 представляет собой общий провод, для работы правой части схемы. Оптопара DA1 играет роль защиты. Когда на X9 поступает сигнал или через обратную связь, с выхода трансформатора сигнал проходит через делитель напряжения, когда напряжение достигает определённого значения, это значение проходит через микросхему DA3 которая включена по схеме усиления, сигнал проходит через оптопару DA1. В следствии чего открывается транзистор VT2, который сбрасывает заряд с затвора полевого транзистора VT1 и прерывает формирование импульсов на первичной обмотке трансформатора.

Оптопара DA2 отвечает за обратную связь, а именно, выходного напряжения трансформатора. Перед оптопарой стоит операционный

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

усилитель DA4, который усиливает сигнал с обратной связи, получаемый при сравнении с выходного напряжения трансформатора. С оптопары сигнал передаётся на микросхему DD1 для корректировки ШИМ, в связи с чем меняются значения выходных параметров модуля питания.

## 5.2 Разработка механической части модуля

Разработку модуля начинаем с внешней оболочки модуля, то есть корпуса и крышки. Поскольку у нас одним из важных показателей является массогабаритные характеристики, то крепление модуля будет осуществляться в отверстия, расположенные по диагонали модуля. Такое количество и расположение креплений не будет увеличивать массогабаритные характеристики и обеспечит надёжное крепление модуля. Крепление модуля осуществляется в отверстия расположенных по диагонали модуля. На корпусе расположены два радиуса скругления, это сделано для того, чтобы можно было закрутить болты для крепления корпуса. Модель корпуса изображена на рисунке 1 и рисунке 2.

На рисунке 2 показан модуль без верхней крышки, болтов крепления, дросселя и нескольких микросхем.

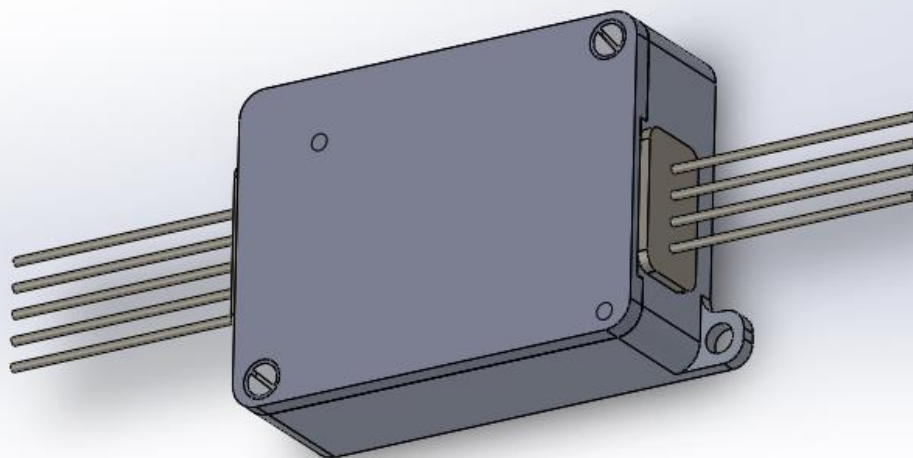


Рисунок 1 –Модуль

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

110303.2019.106.03.00 ПЗ

Лист

19

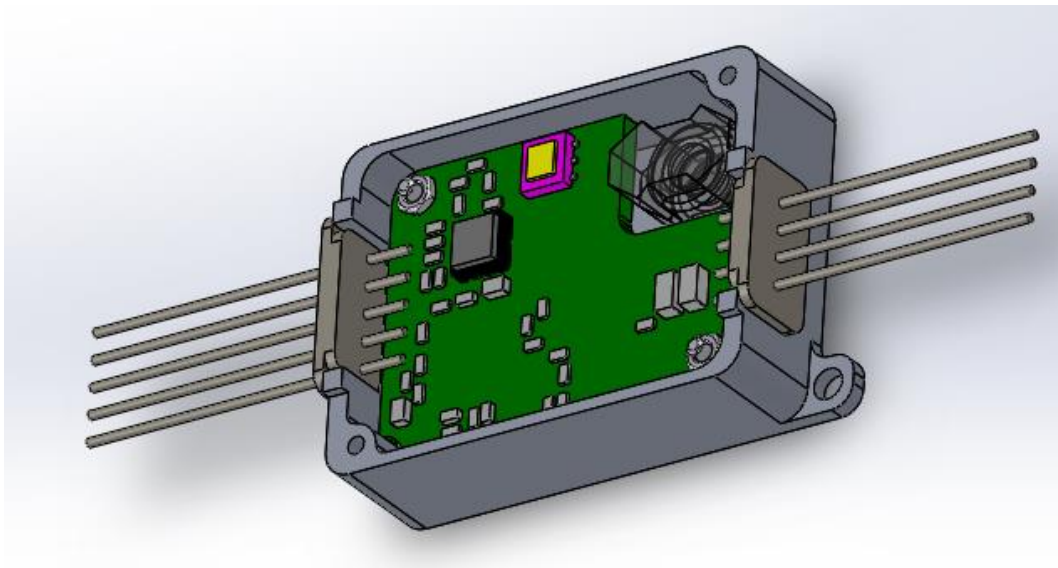


Рисунок 2 – Модуль в разборе

Внешняя часть модуля, которая непосредственно контактирует с внешней средой, стоит из корпуса, крышки и колодок. Для обеспечения герметичности и надёжности изделия корпус и крышка изготавливается металлической технологией литьём под давлением. Для изготовления модуля используется сплав АК12 алюминиевый литейный сплав используемый на предприятии. Сплав на основе алюминия, кремния, магния позволяет получать плотные герметичные соединения.

В модуле находятся два элемента использующее для работы электромагнитные поля, это трансформатор и дроссель. Основные параметры таких элементов являются: относительная (действующая) магнитная проницаемость, добротность, диапазон рабочей частоты. Относительная магнитная проницаемость это отношение индуктивности катушки с сердечником к индуктивности этой же катушки без сердечника. Добротность катушки показывает на сколько много потерь в катушке или трансформаторе. Добротность катушек с сердечником в  $\frac{1}{2}$  степени больше, чем без сердечника. Мы определились, что лучше эффективнее делать трансформатор и катушку с сердечником. Теперь нужно сделать выбор формы сердечника и материала.

Сердечники бывают цилиндрические, броневые, кольцевые (тороидальные) и другие, далее рассмотрим некоторые из них

Цилиндрические сердечники являются наиболее простыми в изготовлении и имеют небольшую цену. Имеют малое использование магнитных свойств, так как концентрация магнитного поля после прохождения через сердечник проходит через окружающую среду, где плотность магнитного потока значительно меньше.

Броневые сердечники (вид сердечника представлен на рисунке 11) позволяют более полно использовать свойства магнитного материала. За счёт закрытой конструкции данные сердечники удерживают внутри себя большую часть электромагнитной энергии, благодаря этому электрические наводки на элементы стоящие рядом с таким элементом, где используется этот вид сердечника, значительно меньше по сравнению с другими типами. Этот тип сердечника мы выберем для трансформатора.

Тороидальные сердечники наиболее эффективны при использовании магнитных свойств, так как магнитное поле полностью проходит в сердечнике и не переходит в другие среды, где теряется электромагнитный поток. За счёт высокой индуктивности таких сердечников можно уменьшать размеры катушек.

Для дросселя был выбран сердечник тороидального типа М2000НМ, 5х3х1.5, так как показатели КПД значительно выше чем других типов, и соответственно улучшаются массогабаритные характеристики, чертёж 110303.2019.460.03.08 СБ. Сердечник из магнитно проницаемого марганца-цинкового материала с начальной магнитной проницаемостью 2000 для слабых и сильных магнитных полей, на частотах до 500 КГц. Так же выбором критерием выбора сердечников для трансформатора и дросселя послужило наличие данных типов сердечников на складе предприятия.

Заготовка для сердечника трансформатора взята м1300нмс-2 кв-4 ескф.750710.035ту, так как она ближе всего к массогабаритным характеристикам. Заготовку уменьшаем до нужных размеров, чтобы уменьшить габариты и массу. При новых заданных габаритах сердечник выполняет свои функции в полном объёме. Уменьшаем нижнюю часть заготовки до 1 миллиметра, такая толщина обеспечит необходимую магнитную проницаемость сердечника. От нового заданного основания обрезаем верхушку сердечника до 3 миллиметров чертёж 110303.2019.460.03.12 СБ. После обработки заготовки получаем готовые детали для сборки трансформатора с заданными свойствами.

На стадии разработки печатной платы, когда определились с её толщиной, корректируем размеры корпуса. Посадочное место платы реализуем таким образом, чтобы учитывать толщину МПП и место крепления, штыри внутренней части разъёмов подходили практически вплотную к контактными площадкам.

Печатная плата крепится на 2 болта проходящие через резьбовые отверстия в нижней части корпуса, и закручиваются гайками с внутренней стороны корпуса.

После проведения контроля электрической части, для обеспечения герметичности модуль заливается компаундом КПТД-1/3 Л-10,5 ТУ РБ

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22



100009933.004.2001.           Компаунд           характеризуется           хорошей теплопроводимостью и электроизоляционными свойствами.

### 5.3 Разработка печатного узла

Разработку МПП модуля начинаем с создания библиотек в Altium Designer. Создание библиотеки в Altium Designer начинается с условного графического изображения согласно ЕСКД. На базе предприятия существует электронная база данных, в базе данных находим документацию на нужные электрорадиоэлементы согласно списку, разработанным в схемотехническом отделе. В базе данных выставляем фильтры по массогабаритным характеристикам и надёжности элементов, база данных отфильтровывает элементы, и выдаёт список в порядке ухудшения параметров. Из этого списка выбираем типоразмеры корпусов и создаём под него посадочные места в библиотеке.

Внутри модуля располагается многослойная плата (4 слоя), на рисунке 3 показана структура многослойной печатной платы (МПП). На рисунке 3 позицией 5 обозначен односторонний фольгированный стеклотекстолит, позицией 1 двухсторонний фольгированный текстолит, позицией 7 обозначен препрег. Препрег представляет собой стеклоткань, покрытую эпоксидной смолой. При нагревании препрега смола переходит в жидкую фазу и без снижения температуры твердеет. Весь процесс происходит под давлением при операции прессования многослойной платы. Печатную плату изготавливают методом металлизации глухих отверстий, внутренние слои 2,3 изготовить химическим негативным методом. Метод металлизации сквозных отверстий позволяет делать печатные платы с высокой плотностью монтажа, достаточно просто в реализации по сравнению с другими видами изготовления печатных плат.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

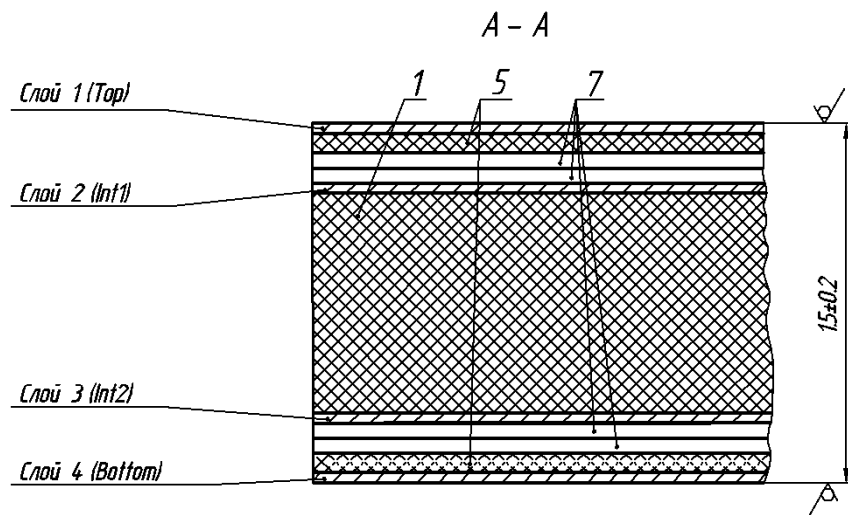


Рисунок 3 – Структура МПП

Чтобы обеспечить электромагнитную совместимость, а также согласно техническому заданию, необходимо на внутренних слоях платы сделать полигоны для создания низкоиндуктивных цепей. Экраны представляют собой металлическую перегородку, разделяющие две области пространства и препятствуют распространению электрических и магнитных полей между этими областями. Полигоны делаем в виде сетки, это увеличивает надёжность платы, за счёт уменьшения расслоения слоёв, из-за разных температурных коэффициентов расширения, а так же повышается адгезия слоёв. Полигоны располагаются на внутренних слоях МПП, а именно на втором и третьем слое.

По техническому заданию нужно создать два полигона, так же в связи плотной компоновкой элементов, плату будем делать четырёхслойную по технологии металлизации глухих отверстий. Многослойная плата состоит из трёх компонентов. Двухстороннего фольгированного стеклотекстолита с толщиной меди 35 микрон, находящегося в центре МПП, изолированного двумя прослойками стеклоткани СТП-4-0,062 ТУ2296-006-114-362290-02 «ОС» с каждой стороны. На внешних слоях МПП находится односторонний фольгированный стеклотекстолит с покрытием меди 35 микрон. В связи с плотной компоновкой элементов МПП изготавливается по 4 классу точности, 3 классу жёсткости. В таблице 1

						Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	110303.2019.106.03.00 ПЗ	

приведены значения для 4 класса печатных плат. Третий класс жёсткости печатных плат задаёт колебания температур от минус 60 до плюс ста градусов по Цельсию, относительной влажности воздуха 98% и давлении 53,6 кПа. Такой класс жёсткости печатной платы связан с жёсткими условиями эксплуатации. Так как данный модуль и входящая в него печатная плата предназначен для эксплуатации на ракете носителе. Температура на высоте 10000 метров достигает значение примерно в минус пятьдесят градусов Цельсия. На надёжность многослойной платы влияет процесс её сборки. Сквозные и переходные отверстия располагаются строго в узлах сетки согласно ЕСКД. При автоматизированном проектировании печатных плат допускается на чертеже платы не изображать проводящий рисунок, допускается на втором и последующем листе чертежа изображать слои печатной платы на фотоплёнке.

Таблица 1 – Входные данные для класса точности 4

Наименование	Обозначение, величина, размерность
Минимальная ширина проводника	$t=0,15$ мм
Минимальное расстояние между проводниками, контактными площадками, проводником и контактной площадкой	$s_{\min}=0,15$ мм

Печатная плата изготавливается непосредственно на предприятии. На плате используются две различные ширины проводников согласно ТЗ. Для выходных цепей печатного узла взята минимальная ширина проводников 1 миллиметр, данная ширина проводников при заданной толщине 35 микрометра обеспечивает нормальную работу печатного узла и теплового режима. Постоянный ток на выходных цепях равен 1,52А, импульсный ток 5,6А, длительностью 2мкс, частотой 350 кГц согласно техническому заданию. Для входных цепей напряжение соответствует  $27\text{В} \pm 9\text{В}$  и токи меньше

выходных, в следствии проводящий рисунок можно реализовать уже. Ширину входных цепей возьмём минимальную согласно ТЗ, равную 0,7 мм.

После того как библиотека условных графических изображений и посадочных место готова, материал и структура платы выбраны приступаем к расположению элементов на печатной плате.

Монтаж элементов будет осуществляться припойной пастой ППК-62-3-90 А производства фирмы ОАО «Авангард» или аналогичного типа. Элементы на плате будут монтироваться с двух сторон.

Электрорадиоэлементы входящие в печатный узел подобраны схемотехническим отделом и соответствуют необходимым параметрам надёжности согласно ТЗ. Электрорадиоэлементы имеют военную приёмку.

Выбор элементов подбирался по типоразмеру корпуса, брался самый маленький размер, который имелся в наличии на складе предприятия. Так как ожидание нескольких месяцев прибытия нужных размеров в нашем случаи невозможно, из-за сроков разработок. Ниже приведён пример подбора размера корпуса.

Микросхема 1363ЕУ1У выпускается в двух корпусах представленных на рисунке 4, выбираем наименьший размер корпуса, на рисунке 5 представлены размеры этих корпусов.



Корпус 402.16-33



Корпус 5119.16-A

Рисунок 4 – корпуса микросхем 1363ЕУ1У

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

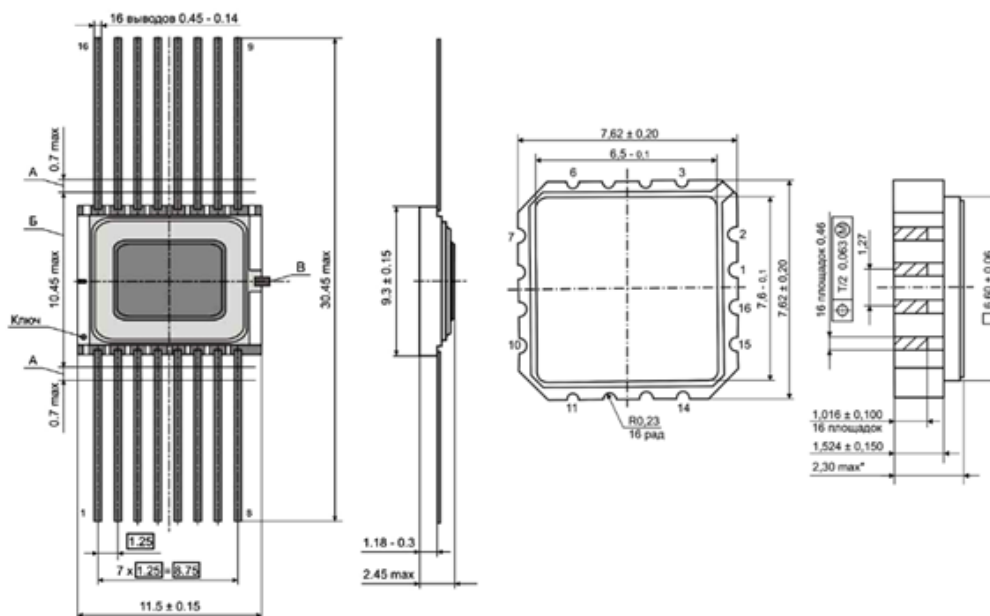


Рисунок 5 – размеры корпусов микросхем 1363EU1U

Микросхема 142EP2УИМ выпускается в одном корпусе Н02.8-2В рисунок 6.

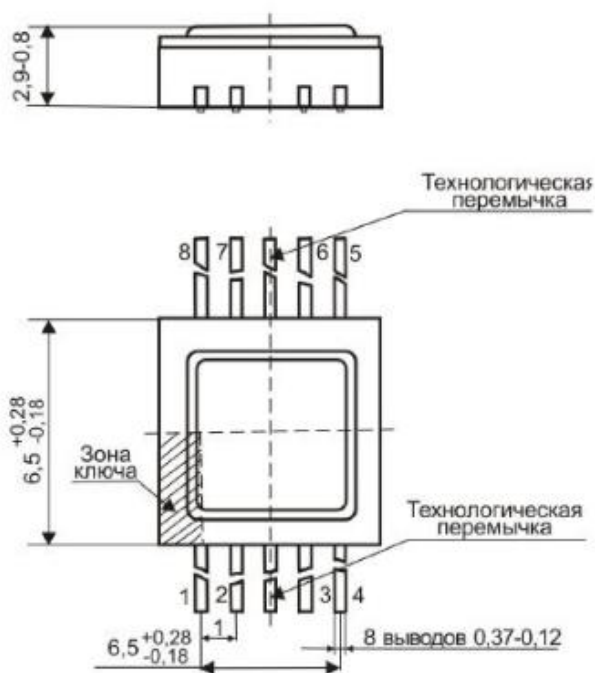


Рисунок 6 – размер корпуса микросхемы 142EP2УИМ

Остальные элементы подбираются по такому же принципу – наименьший типоразмер корпуса доступный на складе производства.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Размещение элементов и соответственно контактных площадок на печатной плате начинаем с разъемов, так как под разъемы реализованы места для установки их в корпусе. Элементы располагаются по принципу наименьших длин проводников. Ближе к выходным цепям расположены конденсаторы, чтобы расстояние до нагрузки было минимальным. Дроссель располагается как можно ближе к трансформатору для сглаживания пульсаций трансформатора и наименьшего распространения помех в модуле питания. Также расположение было выбрано в центре чтобы расположить центр тяжести как можно ближе к центру модуля. Некоторые из элементов (конденсаторы) будут монтироваться друг на друга, что экономит место на печатной плате, а также уменьшится расстояние до элементов, которые потребляют значительный пиковый ток. Монтаж элементов производится автоматизированным методом, за исключением микросхем, дросселя, электрических соединителей (разъемы). Дроссель и разъемы монтируется ручным способом, так как оборудование не предназначено для монтажа таких элементов. Микросхемы монтируются полуавтоматическим способом с использованием специальных средств, так как микросхемы данных типов не выпускают в катушках, с которым работает оборудование по автоматическому монтажу элементов.

Остальные пункты ТЗ реализованы согласно СЧ ОКР и ТЗ РН, и предназначены только для служебного пользования.

#### 5.4 Тепловой расчёт модуля

В разделе приводятся исходные данные и результаты расчета тепловых режимов модуля ИВЭП МПН, разработанного в рамках заказа Союз-5. Расчет тепловых режимов проводился с использованием пакета прикладного программного обеспечения Solidworks Premium 2012.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

Целью данного теплового расчета является расчетное подтверждение сохранения нормального теплового режима модуля ИВЭП МПН при работе в составе аппаратуры СУ РН Союз-5 при сочетании наихудших граничных и начальных условий работы аппаратуры СУ РН, заданных в ТЗ.

Задачами теплового расчета были:

— определение температуры ЭРИ и силовых конструкций модульного ИВЭП МПН при работе в составе аппаратуры СУ РН Союз-5 при сочетании наихудших граничных и начальных условий;

— проверка правильности и достаточности реализованных конструктивных решений.

Тепловой расчет МПН-27-05-05-В проведен в стационарной постановке для учета его работы в любых режимах в составе аппаратуры СУ РН Союз-5. КЭ модель МПН-27-05-05-В создана на основе конструкторской 3D модели. Внешний вид КЭ модели МПН-27-05-05-В приведен на рисунках 7 и 8.

При выполнении теплового расчёта принять следующие условия:

1) Мощности рассеиваемые ЭРИ в МПН-27-05-05-В приняты в соответствии ТЗ и приведены в таблице 2.

2) Теплофизические свойства примененных в расчете материалов, в том числе используемых для упрощения ЭРИ, приведены в таблице 3.

3) Температура воздуха вокруг МПН-27-05-05-В и температура посадочного места — плюс 50 °С. Принята с учетом запаса на нагрев от окружающих ИВЭП МПН источников тепла из состава аппаратуры СУ РН Союз-5.

4) Направление ускорения свободного падения противоположно оси Y и принято равным 9,81 м/с<sup>2</sup>.

5) Внутренний объем ИВЭП МПН залит компаундом КТ-М ТУ 1-595-28-1001-2007.

б) В расчете учитывался теплообмен излучением с внешней поверхности ИВЭП МПН, покрытие корпуса Нб. Коэффициент черноты принят равным 0,35.

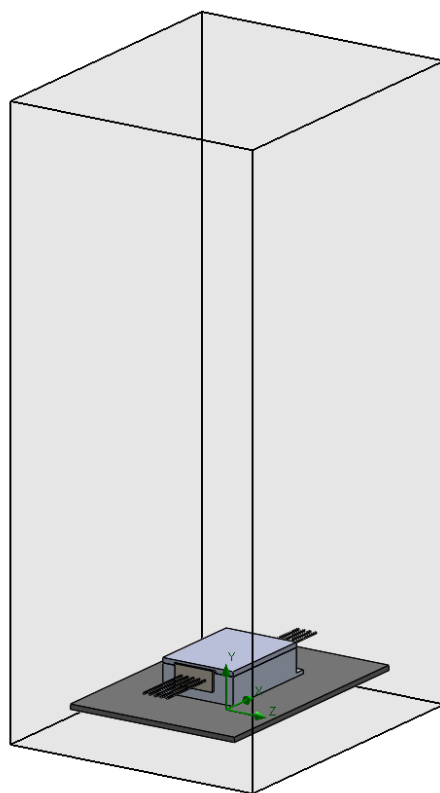


Рисунок 7 — 3D модель МПН-27-05-05-В с посадочным местом

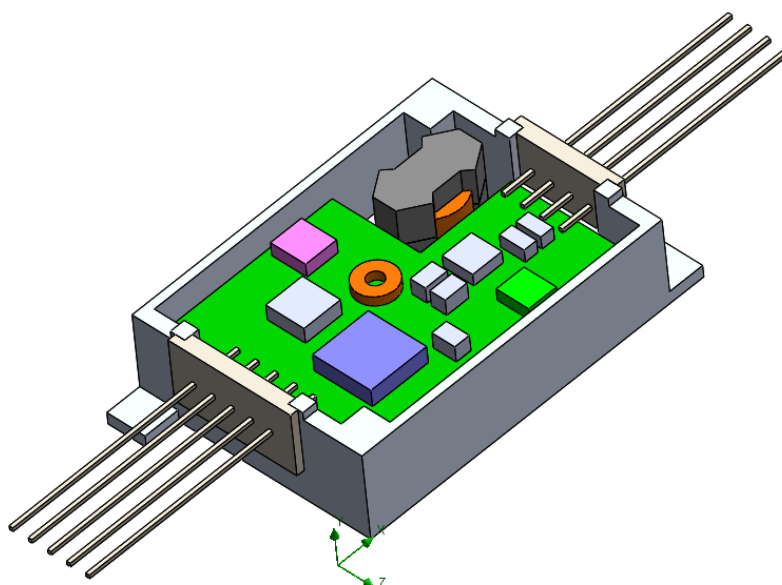


Рисунок 8 — 3D модель МПН-27-05-05-В, посадочное место, крышка и компаунд скрыты.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

110303.2019.106.03.00 ПЗ

Лист

30



Таблица 2 — Мощности, рассеиваемые приборами ЭРИ в МПН-27-05-05-В

Обозначение	Наименование ЭРИ	Рассеиваемая мощность, Вт
VD8	Диод 2ДШ2163Б АЕЯР.432120.611ТУ	1,2
T1	Трансформатор 110303.2019.460.03.02	0,5
DD1	Микросхема 1363ЕУ1У АЕЯР.431420.946ТУ	0,1
L1	Дроссель 110303.2019.460.03.08	0,1
VD7	Диод 2Д510А1/НТ АЕЯР.431120.674ТУ	0,1
VT1	Транзистор 2П7240ВС9 АЕЯР.432140.605ТУ	0,1
R11	Резистор ОС Р1-12-0,5-5,1 кОм±5%-Н ШКАБ.434110.021ТУ	0,1

Таблица 3 — Свойства материалов, используемых в расчете МПН-27-05-05-В

Материал	$\lambda$ , Вт/(м·К)
Воздух	0,024
АК12	168,0
АМгб	118,0
Феррит	2,0
КТ-М ТУ 1-595-28-1001-2007	0,5
Металлокерамика	25,0
Эпоксидный компаунд	0,7
Стеклотекстолит*	$y_x = 17,6$ $y_y = 0,2$ $y_z = 17,6$

\* — теплопроводность стеклотекстолита рассчитана исходя из наличия в плате четырёх слоев меди площадью  $S_1 = 0,000309012 \text{ м}^2$ ,  $S_2 = 0,000352586 \text{ м}^2$ ,  $S_3 = 0,000526741 \text{ м}^2$ ,  $S_4 = 0,0003098389 \text{ м}^2$ .

Расчет контактных термических сопротивлений между составными частями проводился по методике приведенной в [12]. Значения термических сопротивлений контактов приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Контактные термические сопротивления, используемые в расчете МПН-27-05-05-В

Место контакта	Термическое сопротивление, $(\text{К}\cdot\text{м}^2)/\text{Вт}$
Корпус ИВЭП МПН – посадочное место	0,0001017
Крышка корпуса ИВЭП МПН – корпус ИВЭП МПН	0,0000884
Выводы – корпус ИВЭП МПН	0,0001017
Трансформатор – крышка ИВЭП МПН	0,0002500
Печатная плата – корпус ИВЭП МПН	0,0002889
ЭРИ – печатная плата	0,0001100

На рисунках 9 и 10 представлены термограммы МПН-27-05-05-В, полученные по результатам теплового расчета.

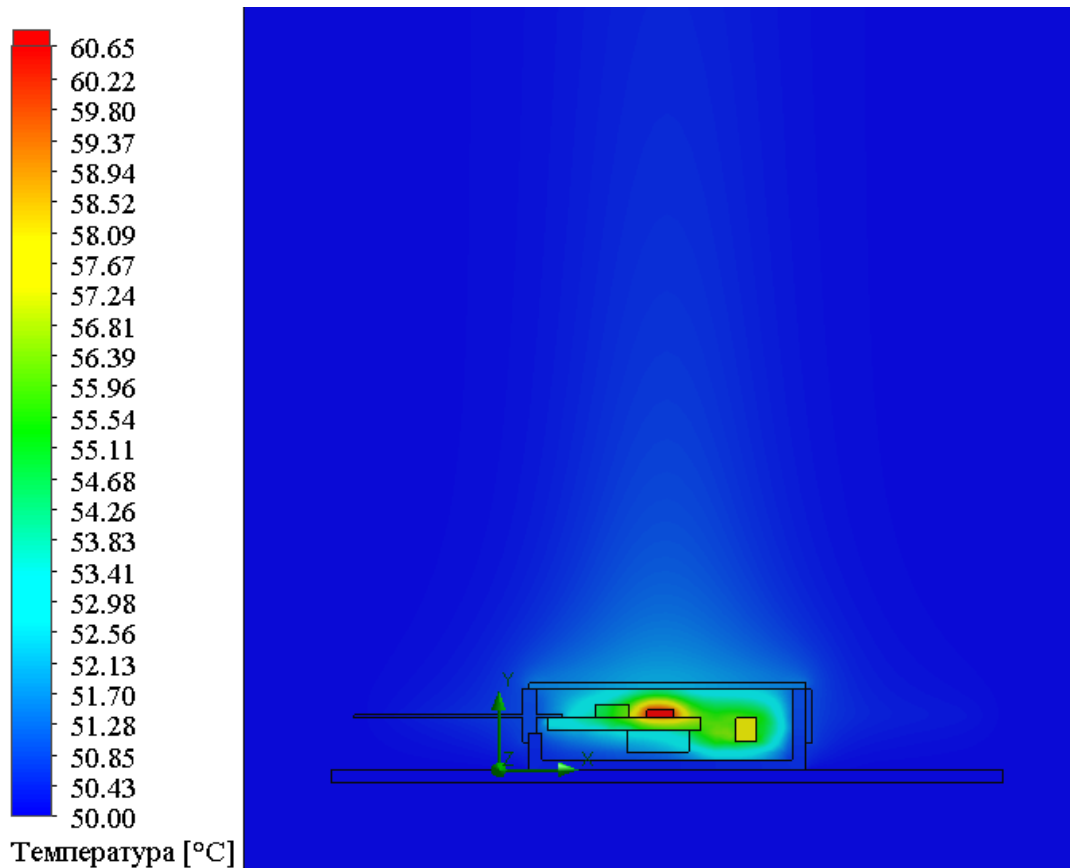


Рисунок 9 — Термограмма в сечении МПН-27-05-05-В

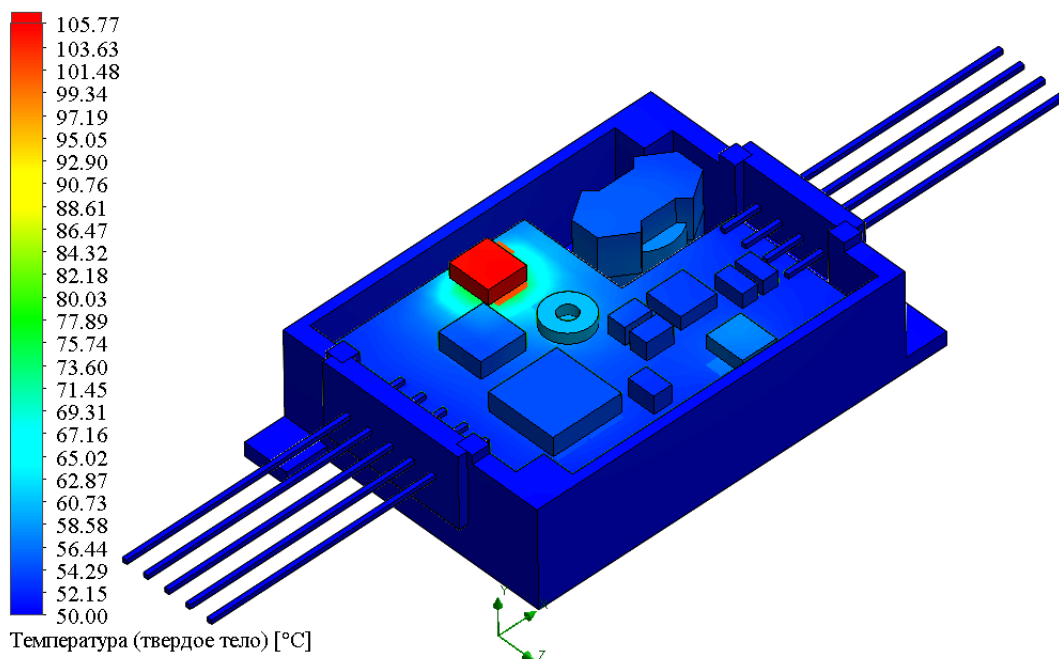


Рисунок 10 — Термограмма МПН-27-05-05-В

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Максимальные температуры на ЭРИ МПН-27-05-05-В и перегревы относительно температуры окружающей среды, полученные по результатам теплового расчета, приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Максимальные температуры на ЭРИ МПН-27-05-05-В и перегревы относительно температуры окружающей среды

Обозначение	Наименование ЭРИ	Максимальная температура, °С		Перегрев, °С
		Допустимая	Расчетная	
VD8	Диод 2ДШ2163Б АЕЯР.432120.611ТУ	125	106	56
T2	Трансформатор 110303.2019.460.03.02	125	58	8
DD1	Микросхема 1363ЕУ1УАЕЯР.431420.946ТУ	125	55	5
L1	Дроссель 110303.2019.460.03.08	125	61	11
VD7	Диод 2Д510А1/НТ АЕЯР.431120.674ТУ	125	64	14
VT1	Транзистор 2П7240ВС9 АЕЯР.432140.605ТУ	125	60	10
R11	Резистор ОС Р1-12-0,5-5,1 кОм±5%- НШКАБ.434110.021ТУ	125	61	11

При проведении расчёта тепловой контакт между заливочным компаундом и составными частями ИВЭП МПН принят идеальным, а теплопроводность компаунда принята равномерной по всему объёму. Для обеспечения таких показателей в компаунде после заливки не должно

оставаться пузырьков воздуха, а в структуре ИВЭП МПН- незаполненных областей. Для этого заливочная вязкость компаунда должна обеспечивать заливку всех зазоров и полостей в ИВЭП МПН, а при заливке должны соблюдаться основные операции технологического процесса заливки изделий в корпусе, например:

- осуществление заливки на вибростоле для заполнения компаундом микрощелей и выхода пузырьков воздуха;

- обработка ИВЭП МПН в вакуумной камере для выхода микропузырьков воздуха.

Несоблюдение технологических процессов может привести к ухудшению теплофизических свойств компаунда и, следовательно, к росту температур ЭРИ ИВЭП МПН.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

## 6 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ МОДУЛЯ

### 6.1 Общие положения

Испытаниям подвергаются источники вторичного электропитания модульного типа серии «МПН». Модули работают от постоянного напряжения  $(27 \pm 9)$  В. Для обеспечения входного напряжения модуля допускается использовать первичный источник питания, обеспечивающий напряжение от 18 В до 36 В и средний ток до 2,5 А (в режиме импульсного потребления до 5 А).

Критерием качества функционирования модуля является нормальное функционирование в соответствии с требованиями предприятия. Размещение модуля при испытаниях настольное, если иное не оговорено в методике испытания.

Для контроля параметров выходного напряжения модуля вне ААП используется осциллограф. Схема подключения объекта контроля приведена на рисунке 11.



Рисунок 11 – Подключение объекта контроля

Предварительные испытания проводят с целью:

- оценки соответствия опытного образца изделия требованиям ТЗ на него;
- подтверждения правильности реализованных в изделии принципиальных схемных и конструкторских решений;
- проверки соответствия применения ЭРИ в изделии требованиям, установленным в их ТУ;
- определения запасов работоспособности аппаратуры при различных видах воздействий и при их неблагоприятном сочетании.
- определение возможности предъявления на межведомственные испытания.

Общие положения:

- 1) Внутренний объем модулей заполнен теплопроводящим компаундом.
- 2) На испытания предоставляются все документы, указанные в спецификации модулей, отчеты по ЛОИ-а с документами, подтверждающими устранение выявленных замечаний, настоящая программа испытаний.
- 3) Внесение изменений в программу При осуществляется по согласованию со всеми заинтересованными подразделениями.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

## 6.2 Объем испытаний

Обязательные виды испытаний, которым подвергается модуль указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Проводимые испытания модуля МПН

№ п/п	Название испытания	Методика испытания
1	Проверка соответствия примененных в модуле ЭРИ и материалов ограничительным перечням, проверка соответствия конструкторским решениям применения ЭРИ требованиям ТУ на них, проверка соответствия условий применения в модуле ЭРИ, материалов, режимов работы требованиям ТУ, стандартов, «Протоколов согласования...»	А.1
2	Проверка соответствия требованиям РД и стандартов предприятия	А.2
3	Проверка электрических параметров	А.3
4	Определение времени выхода модуля на рабочий режим при различных напряжениях питания и нагрузках	А.4
5	Проверка уровней напряжения на выходах модуля при включении и выключении питания	А.5
6	Проверка электрического сопротивления изоляции в нормальных условиях	А.6
7	Проверка работоспособности модуля в режиме холостого хода	А.7
8	Испытания на воздействие пониженных, повышенных температур окружающей среды и в нормальных климатических условиях	А.8
9	Испытание на воздействие изменения температуры среды	А.9
10	Испытание на воздействие повышенной влажности	А.10
11	Аналитическая оценка стойкости модуля к спецфакторам	А.11
12	Испытание на прочность при воздействии синусоидальной вибрации одной частоты	А.12

Продолжение таблицы 6

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38



№ п/п	Название испытания	Методика испытания
13	Испытание на стойкость при воздействии механических ударов	A.13
14	Испытание на стойкость при воздействии линейного ускорения	A.14
15	Испытание на устойчивость при воздействии акустического шума	A.15
16	Испытание на стойкость при воздействии сейсмического удара	A.16
17	Испытание на устойчивость при воздействии вибрации (ШСВ).	A.17
18	Оценка сохраняемости	A.18
19	Проверка требований безопасности охраны труда	A.19
20	Испытание на транспортирование	A.20
21	Проверка конструктивных требований	A.21
22	Испытание по определению критических частот	A.22
23	Проверка комплектности конструкторской документации	A.23
24	Проверка формируемого напряжения модулем МПН и их использование в источниках вторичного электропитания приборов СУ.	A.24
25	Проверка дистанционного выключения модуля МПН	A.25
26	Проверка возможности регулировки выходного напряжения	A.26

Порядок и последовательность испытаний определяются разработчиком с учетом возможного сокращения паузы между испытаниями.

### 6.3 Условия, режимы, порядок, место проведения, виды и этапы испытаний

6.3.1 Испытания изделия проводят в нормальных климатических условиях по ГОСТ РВ 20.39.301-98 без изменения питающих напряжений, если иные требования не оговорены в пунктах методов испытаний.

6.3.2 Нормальные условия: температура воздуха  $(25\pm 10)$  °С; относительная влажность (10-75)%, при температуре выше плюс 30 °С относительная влажность не должна превышать 70%; атмосферное давление от 860 до 1060 гПа (от 645 до 795 мм рт. ст.).

6.3.3 При проведении испытаний изделия необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- проверку цепей на сообщенность, разобщенность под напряжением не производить;
- включение и выключение вилок кабелей питания проводить при выключенных тумблерах ПИТАНИЕ, источников питания;
- отсоединение и присоединение разъемов питания производить при выключенных из сети вилках;
- смену предохранителей на источниках питания и пультах проводить только при выключенном питании на токораспределительном щите.

6.3.4 При проведении испытаний применять методы защиты от статического электричества по ОСТ 92-1615-2013.

6.3.5 Если в процессе испытаний возникнет необходимость приостановки или перерыва в испытаниях, то все вопросы, связанные с приостановкой или прерыванием испытаний и последующим их продолжением, должны решаться в установленном порядке согласно ГОСТ РВ 15.210-2001.

6.3.6 Комиссия устанавливает продолжительность перерыва испытаний и, при необходимости, объема работ по повторным проверкам после устранения причин, послуживших основанием для перерыва испытаний.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

6.3.7 Основанием для прерывания испытаний может быть акт комиссии о прекращении испытаний в случае:

- отказа объекта испытаний;
- несоответствие объекта испытаний требованиям технического задания или конструкторской документации.

6.3.8 Во время перерыва между испытаниями объект хранится в специализированной таре.

#### 6.4. Материально-техническое обеспечение испытаний

Оборудование, используемое для проведения При указано в таблице 7. Взамен указанных средств измерений и испытательного оборудования допускается использовать другие, обеспечивающие измерение заданных величин и установление испытательных режимов с заданной погрешностью.

Таблица 7 – Перечень применяемого оборудования

Наименование	Тип	Минимальные требования	Примечание
1 Мультиметр	В7-61, АРРА- 109N, ВУ- 15, РС500	Пределы измерения (0-100) кОм с погрешностью измерения $\pm 6 \%$ ; выходное напряжение не более 5 В; Пределы измерения (0-1) Ом с погрешностью измерения $\pm 40 \%$	Используется для проверки цепей на отсутствие короткого замыкания
2 Мегаомметр	ВУ-15	Предел измерения до 200 МОм с погрешностью измерения $\pm 4\%$	Используется для измерения сопротивления изоляции

Продолжение таблицы 7

Наименование	Тип	Минимальные требования	Примечание
3 Вольтметр	GDM-8246/RS, B7-78/1, GDM-78341	Предел измеряемого постоянного напряжения (0-40) В с погрешностью $\pm 0,5 \%$	Для измерения напряжения на выводах модуля
4 Источник питания постоянного тока	PSH-73610, PSH-3620	Для установки постоянного напряжения до 36 В, постоянного тока до 2,5 А с погрешностью $\pm 1,5 \%$	Для подачи питающего напряжения на модуль
5 Осциллограф	TPS2024B, TPS2024	Измерение переменного напряжения до 1 В с полосой пропускания (0-70) МГц с погрешностью измерения $\pm 10 \%$	Для измерения амплитуды пульсаций
6 Источник бесперебойного питания	SURT1000R MXLI	-	Для питания ААП
7 Комплект ААП	Изготавливается по КД предприятия	-	-
8 Вибростенд	V9	Частота (2,7-2000) Гц с погрешностью установки $\pm 2$ Гц	
9 Вибростенд	VE 10003, BF-45, ST-80, VS10002/P	Частота (20-30) Гц с погрешностью установки $\pm 2$ Гц с ускорением $(19,60 \pm 3,92) \text{ м/с}^2$	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

110303.2019.106.03.00 ПЗ

Лист

42

Продолжение таблицы 7

Наименование	Тип	Минимальные требования	Примечание
9 Вибростенд	VE 10003, BF-45, ST-80, VS10002/P	Частота (20-30) Гц с погрешностью установки $\pm 2$ Гц с ускорением $(19,60 \pm 3,92) \text{ м/с}^2$	-
10 Штангенциркуль	ШЦ-III-400-0,1-1 ГОСТ 166-89	Для измерения до 400 мм с погрешностью измерения $\pm 0,1$ мм	-
11 Чехол№1	Изготавливается по КД предприятия	-	-
12 Чехол№2	Изготавливается по КД предприятия	-	-
13 Технологическое приспособление	Изготавливается по КД предприятия	-	-
14Термокамера	МС-71, PG-2КР, Т-12,5, SUN 4000 SP	Пределы изменения температуры от минус 55 °С до плюс 60 °С (от минус 40 °С до плюс 80 °С для SUN 4000 SP) с погрешностью поддержания температуры $\pm 3$ °С	-
15 Электронная нагрузка	АКИП-1301	Сопротивление от 0,5 Ом до 1000 Ом, стабильность не менее 1 %, шаг установки 0,1 Ом	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Продолжение таблицы 7

Наименование	Тип	Минимальные требования	Примечание
16 Секундомер	СОПр-2а-3 ТУ 25- 1894.003-90	Цена деления шкалы не более 1 с	-
17 Ударный стенд	К-200, УУ 500/150	Амплитуда воздействия не менее 3136 м/с <sup>2</sup> (320 g), длительность воздействия не менее 0.1 мс	Удары, сейсмическое воздействие
18 Центрифуга	Ц 400/100	Ускорение не менее 264,6 м/с <sup>2</sup> (27 g)	Линейные ускорения
19 Анализатор шума	2250-Н-003, Bruel@Kjar	Класс 1 измерения уровня звука до 160 дБ	Акустика
20 Шумомер с анализатором спектра	«Экофизика-110А»	Класс 1 измерения уровня звука до 150 дБ	Акустика
21 Регистратор видеографический	Изготавливается по КД предприятия	24 канала	-

### 6.5 Метрологическое обеспечение испытаний

6.5.1 При выборе средств измерения должны выполняться требования действующей НД по обеспечению единства измерений ОСТ 92-4327-80, Средства измерения должны быть поверены в установленном порядке.

6.5.2 Результаты измерений должны быть представлены в соответствии со стандартами предприятия.

6.5.3 Испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с ГОСТ Р 8.568-97.

6.5.4 Перечень испытательного оборудования и средств измерений, используемых при испытании, приводится в методике этого испытания.

## 6.6 Отчетность

6.6.1 Результаты проверок модулей по каждому пункту заносятся в журнал испытаний.

6.6.2 Результаты испытаний по каждому пункту программы испытаний оформляют протоколом.

6.6.3 По результатам испытаний модулей выпускают отчет и составляют Акт в соответствии со стандартом предприятия.

6.6.4 Отчет ставится на учет и хранится в библиотеке АО «НПОА».

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выполнена разработка модуля миниатюрного преобразователя напряжения 27В-5В мощностью 5Вт. В ходе выполнения выпускной квалификационной работе выполнены следующие задачи:

- построена 3-Д модель корпуса и КД на него;
- разработаны электрические компоненты входящие в модуль (дроссель, трансформатор, колодки(разъёмы));
- создана библиотека элементов в Altium Designer;
- оформлена принципиальная электрическая схема по ГОСТу;
- оформлен перечень элементов;
- спроектирована печатная плата;
- проведён тепловой расчёт;
- разработаны методики испытаний и проверки модуля;
- создана КД на модуль и его составляющие в полном объёме.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варламова Р.Г. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования / под ред. Варламова Р.Г. – М. советское радио, 1980. 480 с.
2. Справочное руководство по черчению / В.Н. Богданов И.Ф. Малежик, А.П. Верхола, и др. – М. Машиностроение, 1989. 864 с.
3. Технология металлов и авиационные материалы: [Учеб. пособие для авиац. техникумов] / А. И. Малышев, В. С. Раковский, М. Я. Телис и Ф. Ф. Химушин. - Москва: Оборонгиз, 1957. - 359 с.
4. Сабунин А.Е. Altium Designer новые решения в проектировании новых устройств/ М. СОЛОН-ПРЕСС, 2009. 432 с. – (серия «системы проектирования»).
5. Каленкович, Н. И. Радиоэлектронная аппаратура и основы её конструкторского проектирования: учебно-методическое пособие для студентов спец. «Моделирование и компьютерное проектирование» и «Проектирование и производство РЭС» / Н.И. Каленкович [и др.]. – Минск: БГУИР, 2008. – 200 с
6. ГОСТ 2.123-93. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.
7. ГОСТ 2.417-91. ЕСКД платы печатные. Правила выполнения чертежей. – Введ. 07.01.1992 г. – М.; Редакция 2- 75, 1976 г.
8. ГОСТ 2.113-75 ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы. – Введ. 01.07.1976 г. – М.; Редакция 2- 75, 1976 г.
9. СТО ЮУрГУ 21–2008 Стандарт организации. Система управления качеством образовательных процессов. Курсовая и выпускная квалификационная работа. Требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, А.Е. Шевелев, Е.В. Шевелева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 55 с.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

10. СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

11. Фридман Е.И. Герметизация радиоэлектронной аппаратуры[Текст] /. Фридман Е.И. Герметизация радиоэлектронной аппаратуры – М. Энергия,1978 – 360 с.

12. Попов, В.М. Теплообмен в зоне контакта разъемных и неразъемных соединений [Текст]/ В.М. Попов. — Москва: Энергия, 1971. — 216 с.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

#### Методика испытаний этапов При

А.1 Проверяется соответствие используемых ЭРИ и материалов перечню электроизделий, разрешенных к применению в аппаратуре и перечню материалов, разрешенных к применению в заказе.

Оценка режимов работы ЭРИ проводится путем проведения расчетно-аналитических работ и измерения фактических режимов работы элементов и сравнения полученных данных со значениями режимов, указанных в ТУ. По результатам проверки составляется карта рабочих режимов на модуль, которая должна быть представлена на испытание.

Проверка соответствия конструктивно-технологических решений применения ЭРИ требованиям ТУ на них проводится путем сравнения конструктивно-технологических решений, заложенных в конструкторскую документацию и в технологические процессы на сборку и монтаж аппаратуры, с требованиями ТУ на ЭРИ.

А.2 Проверяется соответствие конструкторской документации на модуль требованиям нормативных документов указанных в РД предприятия.

А.3 Замеряются выходные параметры (уровень выходного напряжения и амплитуда пульсаций) при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания и нагрузках. Коэффициент полезного действия (КПД) модуля вычисляется при минимальном значении входного напряжения и номинальном выходном токе, как отношение мощности на нагрузке к мощности потребляемой модулем.

Используемое оборудование: комплект ААП.

А.4 Определяется максимальное время установления выходных параметров модуля с момента подачи входного напряжения. Питание на

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



напряжениях питания и нагрузках. Осциллограммы процессов регистрируются на запоминающем осциллографе и приводятся в протоколе испытания.

Используемое оборудование: комплект ААП.

А.6 Измеряется сопротивление между контактами 2 и 3, 8. Сопротивление изоляции должно быть не менее 100 МОм. Допускается первоначальный бросок показаний сопротивления до нуля с последующим восстановлением до истинного значения в течение 2 мин.

Используемое оборудование: мегаомметр.

А.7 Проверяется работоспособность модуля после его работы при отключенной нагрузке. Для этого модуль включают при минимальном, номинальном и максимальном входном напряжении без нагрузки, замеряются выходные параметры (уровень выходного напряжения и амплитуду пульсаций). Затем выходные параметры модуля замеряются при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания и нагрузках.

Используемое оборудование: комплект ААП.

А.8 Испытание проводится с целью контроля технического состояния модуля в условиях и после воздействия пониженной (5 °С) и повышенной (40-65 °С) температур среды и в нормальных климатических условиях. Для этого по центру верхней крышки и основания модуля, а также на боковых сторонах без выводов, устанавливаются термодатчики.

Модуль выдерживается в камере при температуре плюс 25 °С в течение 1 часа, затем включается и выдерживается в течение двух часов (или до установления теплового режима) при минимальном напряжении питания и максимальной нагрузке. Производится фиксация показаний термодатчиков, затем измеряются выходные параметры модуля при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания.

Модуль выдерживается в камере при температуре 5 °С в течение 1 часа, затем измеряются его выходные параметры (уровень выходного напряжения и

амплитуда пульсаций) при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания и нагрузках.

Модуль выдерживается в нормальных условиях в течение 1 часа, затем выходные параметры модуля замеряются при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания и нагрузках. Измеряется сопротивление изоляции по методике А.6.

Модуль выдерживается в камере при температуре 40 °С в течение часа, затем включается и выдерживается в течение двух часов (или до установления теплового режима) при минимальном напряжении питания и минимальной нагрузке. Производится фиксация показаний термодатчиков, затем измеряются выходные параметры модуля при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания.

Модуль выключается и выдерживается в камере в течение 1 часа.

Модуль выдерживается в камере при температуре 40 °С в течение часа, затем включается и выдерживается в течение двух часов (или до установления теплового режима) при минимальном напряжении питания и номинальной нагрузке. Производится фиксация показаний термодатчиков, затем измеряются выходные параметры модуля при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания.

Модуль выключается и выдерживается в камере в течение 1 часа.

Модуль выдерживается в камере при температуре 40 °С в течение часа, затем включается и выдерживается в течение двух часов (или до установления теплового режима) при минимальном напряжении питания и максимальной нагрузке. Производится фиксация показаний термодатчиков, затем измеряются выходные параметры модуля при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания. Затем модуль выключается, устанавливается на дополнительный теплоотвод, и данный этап испытания повторяется.

Модуль выключается и без дополнительного теплоотвода выдерживается в камере в течение 1 часа.

Модуль с дополнительным теплоотводом выдерживается в камере при температуре 65 °С в течение часа, затем включается и выдерживается в течение двух часов (или до установления теплового режима) при минимальном напряжении питания и максимальной нагрузке. Производится фиксация показаний термодатчиков, затем измеряются выходные параметры модуля при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания.

Модуль выключается и без дополнительного теплоотвода выдерживается в нормальных условиях в течение 1 часа, затем выходные параметры модуля замеряются при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания и нагрузках. Измеряется сопротивление изоляции по методике А.6.

Используемое оборудование: комплект ААП, термодатчики, мегаомметр, предоставляемый дополнительный теплоотвод.

А.9 Модуль в выключенном состоянии в хлопчатобумажном чехле №1 изготавливаемом на предприятии и полиэтиленовом антистатическом чехле №2 с использованием силикагеля КСМГ ГОСТ 3956 в количестве 0,1 кг поместить в термокамеру, понизить температуру в термокамере до минус 55 °С и выдержать модуль в течение 1 ч. Затем повысить температуру в термокамере до плюс 50 °С, выдержать модуль в течение 1 ч. Повторить указанный цикл еще два раза.

Извлечь модуль из термокамеры, из чехла и выдержать его в нормальных климатических условиях в течение 1 ч. Затем выходные параметры модуля замеряются при минимальном, номинальном и максимальном напряжениях питания и нагрузках. Измеряется сопротивление изоляции по методике А.6.

Используемое оборудование: комплект ААП, чехол №1, чехол №2, мегаомметр.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

А.10 Модуль помещается в климатическую камеру и выдерживается при влажности 98 % и температуре 40 °С в течение четырех суток. Затем проверяется сопротивление изоляции и работоспособность по техническим условиям .

Используемое оборудование: комплект ААП.

А.11 Анализ проводится по методике аналитической оценки используемой на предприятии. По результатам испытания составляется отчет по аналитической оценке стойкости модуля, который должен быть представлен на испытание.

А.12 Испытание проводится по стандарту предприятия.

А.13 Испытание проводится по стандарту предприятия. Количество ударов в каждом направлении – 6, амплитуда воздействия –  $3136 \text{ м/с}^2$  (320 g), длительность – 0.1...3 мс.

А.14 Испытание проводится по стандарту предприятия. Величина линейного ускорения во всех направлениях –  $164,6 \text{ м/с}^2$  (27 g). Время воздействия в каждом направлении – не менее 55 с. Система координат расположения модуля принимается в соответствии с рисунком А.2

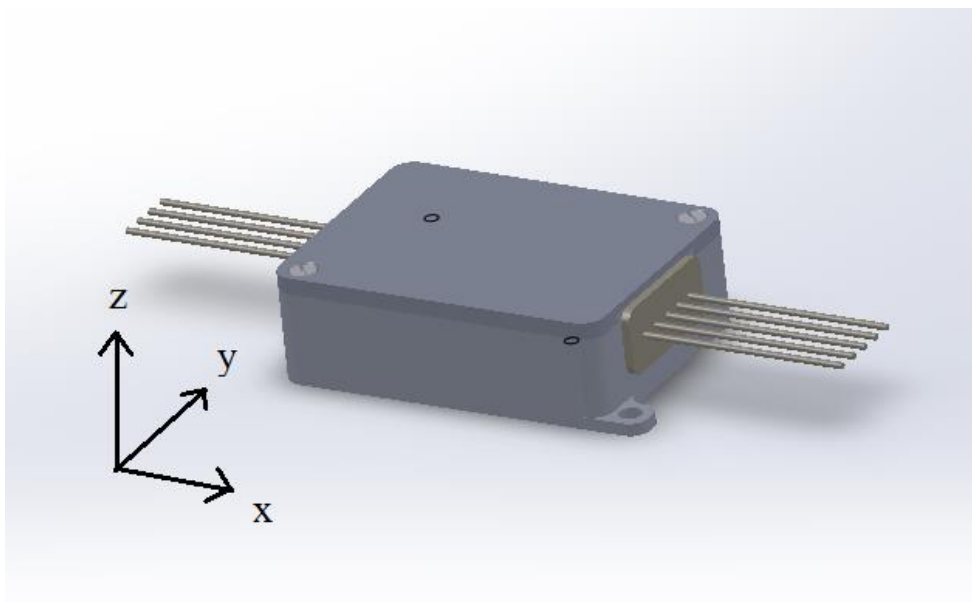


Рисунок А.2 – Система координат для проведения испытания

А.15 Испытание проводится по стандарту предприятия.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



А.16 Испытание проводится по стандарту предприятия.

А.17 Испытание проводится по стандарту предприятия. Режимы испытания приводятся в таблице А.1.

Таблица А.1 – Параметры ШСВ

Частота, Гц	Спектральная плотность мощности (СПМ), $\text{м}^2/\text{с}^4 \cdot \text{Гц}$ ( $\text{г}^2/\text{Гц}$ )	
	Режим 1	Режим 2
20	3,0 (0,03)	0,5 (0,005)
50	2,0 (0,02)	4,0 (0,04)
100	2,0 (0,02)	300,0 (3,0)
200	5,0 (0,05)	30,0 (0,3)
300	20,0 (0,2)	4,0 (0,04)
500	250,0 (2,5)	0,5 (0,005)
700	0,7 (0,007)	0,5 (0,005)
1000	0,3 (0,003)	0,04 (0,0004)
2000	0,05 (0,0005)	0,01 (0,0001)
Среднеквадратическое отклонение (СКО), $\text{м}/\text{с}^2(\text{г})$	167,58(17,1)	124,46 (12,7)
Время воздействия, не менее, с	155	130

А.18 Сохраняемость оценивается по срокам сохраняемости ЭРИ и материалов входящих в модуль.

А.19 Проверяется выполнение требований безопасности охраны труда ГОСТ 12.2.007.0 при выполнении работ с модулем.

А.20 Испытание проводится по стандарту предприятия.

А.21 Проверка проводится путем измерения габаритных и установочных размеров модуля и оценки возможности размещения до восьми модулей на двух сторонах платы, размером 160x135 мм. Наличие теплопроводящего компаунда внутри корпуса модуля проверяется визуально через отверстия для заполнения компаундом.

Используемое оборудование: штангенциркуль.

А.22 Испытание проводится по стандарту предприятия.

А.23 Проверяется соответствие имеющихся конструкторских документов перечню конструкторских документов.

А.24 Испытание проводить путем проверки сборочных единиц на блоки питания в состав которых входят модули «МПН». Проверить выходное напряжение при минимальной, номинальной, максимальной нагрузках. Модулем МПН-27-3,3-05-В должно формироваться напряжение  $(3,300 \pm 0,165)$  В с амплитудой пульсаций не более 30 мВ;

А.25 Испытание проводить в соответствии техническим условиям предприятия.

А.26 Испытание проводить в соответствии с техническим условиям предприятия.

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

110303.2019.460.03.01 СБ

Модуль МПН-27-05-05-В

Сборочный чертёж

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

ПРИЛОЖЕНИЕ В

110303.2019.460.03.01 ЭЗ

Модуль МПН-27-05-05-В

Схема электрическая принципиальная

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

ПРИЛОЖЕНИЕ Г  
110303.2019.460.03.02  
Трансформатор  
Таблица параметров

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

ПРИЛОЖЕНИЕ Д  
110303.2019.460.03.03 СБ  
Колодка  
Сборочный чертёж

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

110303.2019.460.03.04 СБ

Колодка

Сборочный чертёж

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

110303.2019.460.03.05 СБ

Плата с элементами

Сборочный чертёж

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

110303.2019.460.03.06

Корпус

Деталь

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

ПРИЛОЖЕНИЕ И  
110303.2019.460.03.07

Крышка

Деталь

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

ПРИЛОЖЕНИЕ К

110303.2019.460.03.08 СБ

Дроссель

Сборочный чертёж

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

ПРИЛОЖЕНИЕ Л  
110303.2019.460.03.09 СБ  
Печатная плата многослойная  
Сборочный чертёж

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

ПРИЛОЖЕНИЕ М  
110303.2019.460.03.10

Вывод

Деталь

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67

ПРИЛОЖЕНИЕ Н  
110303.2019.460.03.11 СБ  
Трасформатор  
Сборочный чертёж

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

ПРИЛОЖЕНИЕ О

110303.2019.460.03.12 СБ

Сердечник

Деталь

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

ПРИЛОЖЕНИЕ П  
110303.2019.460.03.01  
Модуль МПН 27-05-05-В  
Спецификация

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70



ПРИЛОЖЕНИЕ Р  
110303.2019.460.03.02  
Трансформатор  
Спецификация

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71

ПРИЛОЖЕНИЕ С  
110303.2019.460.03.03  
Колодка  
Спецификация

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

ПРИЛОЖЕНИЕ Т  
110303.2019.460.03.04  
Колодка  
Спецификация

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

ПРИЛОЖЕНИЕ У  
110303.2019.460.03.05  
Плата с элементами  
Спецификация

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф  
110303.2019.460.03.08  
Дроссель  
Спецификация

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

ПРИЛОЖЕНИЕ X

110303.2019.460.03.09

Плата печатная многослойная

Спецификация

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц  
110303.2019.460.03.11  
Трансформатор  
Спецификация

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Ч

110303.2019.460.03.01 ПЭЗ

Плата с элементами

Перечень элементов

					110303.2019.106.03.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		78