



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра морских информационных систем

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА

На тему: «Особенности разработки базовых несущих конструкций модулей 3
уровня для аппаратуры ГАК ПЛ и разработка модуля питания в евроконструктиве»

Исполнитель: Ким Валерия Григорьевна

Руководитель: кандидат технических наук, доцент

Семалов Виктор Евгеньевич

«К защите допускаю»

и.а. заведующего кафедрой: _____
кандидат географических наук, доцент

Филиппова Анна Алексеевна

« » 2017 г.

Санкт-Петербург

2017

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет Информационных систем и геотехнологий

Кафедра «Морские информационные системы»

Допустить к защите

Исполняющий обязанности заведующего кафедры МИС

Фокичева А.А._____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

«ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ БАЗОВЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МОДУЛЕЙ 3 УРОВНЯ ДЛЯ АППАРАТУРЫ ГАК ПЛ И РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПИТАНИЯ В ЕВРОКОНСТРУКТИВЕ»

Направление подготовки – 17.03.01 «Корабельное вооружение»

Профиль - «Морские информационные системы и оборудование»

Исполнитель:

Ким Валерия Григорьевна_____

Руководитель:

Кандидат технических наук, доцент

Соколов Виктор Евгеньевич_____

Санкт-Петербург - 2017

Содержание

Введение.....	3
1 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РЭА ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК	5
1.1 Требования к несущим конструкциям ПЛ для проноса через люк	5
1.2 Требования к аппаратуре морской техники	7
1.3 Требования к оболочке и покрытиям	9
1.4 Технические характеристики несущих конструкций	13
1.5 Система построения базовой несущей конструкции	23
1.6 Выводы.....	36
2 МОНИТОРИНГ СУЩЕСТВУЮЩИХ БНК ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ РАБОТКЕ АППАРАТУРЫ ГАК ПЛ.....	38
2.1 Тенденции и направления развития метрических и дюймовых систем БНК	38
2.2 Анализ корпусов российского производства	44
2.3 Выводы	59
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ 1 УРОВНЯ	61
3.1 Расчет показателей надежности	67
3.2 Конструкторский анализ	73
3.3 Размещение электронных радиоэлементов на печатной плате	75
3.4 Трассировка печатных проводников.....	78
3.5 Выводы	82
Заключение	83
Перечень принятых сокращений	85
Список использованной литературы.....	86

Введение

Актуальность данной работы обусловлена сложностью разработки конструкции и технологии производства, в процессе создания радиоэлектронного оборудования для подводных лодок.

С одной стороны, это связано с тем что требуются новые подходы к решению задач компоновки, обеспечения высокой производительности, надежности оборудования.

С другой стороны, применение электрооборудования на подводных лодках требует использование современных методов конструирования и технологических процессов, обеспечивающих сочетание эксплуатационных и экономических характеристик. От правильного проектирования оборудования зависит его дальнейшее работоспособность и его потребительские качества.

Объектом исследования является гидроакустический комплекс

Предмет исследования—новые несущие конструкции для проектирования ГАК

Цель исследования анализ требований к конструктивам на соответствие ГОСТам МЭК и особенностям структуры аппаратуры морской техники, разработка базовой конструкции модуля 3 уровня и модуля питания 1 уровня.

Основными задачами исследовательской работы в связи с указанной целью являются:

- Исследование требований к конструкциям ГОСТов евромеханики и анализ существующих базовых конструктивов
- Выработка ограничений при конструировании аппаратуры для ПЛ
- Выбор унифицированных базовых конструктивов модулей 1 и 3 уровней
- Анализ конструктивных особенностей модуля 3 уровня
- Разработка модуля питания 1 уровня

- Расчет надежности модуля.

Для решения этих задач выполняется анализ построения конструкции, разработка и выбор новых конструктивов и модулей различного уровня для РЭАПЛ.

Структура дипломной работы обусловлена объектом, предметом исследования, целью и задачами. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы.

В первой главе описываются требования, предъявляемые к конструктивам.

Во второй главе представлен анализ двух базовых конструкций 3 уровня АО «Авангард» и концерн «Океанприбор».

Третья глава посвящена разработке модуля коммутатора питания 1 уровня и расчету показателей его надежности.

В заключении подводятся итоги исследования данной работы, формируются выводы по рассматриваемой теме.

1 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РЭА ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

В этой главе будут рассмотрены требования, предъявляемые к конструктивам и требования подводных лодок, а именно в частности к размерам люка, устанавливающим дополнительные требования.

1.1. Требования к несущим конструкциям ПЛ для проноса через люк

Радиоэлектронная аппаратура занимает около 60% в подводных лодках.

Базовая несущая конструкция, предназначенная для установки на объектах, должна проходить через проемы объектов морской техники (люки, двери, изгибы коридоров, шахт, штолен и т.п.) в том виде, в котором предусмотрено в конструкторской документации на аппаратуру конкретного типа. Габаритные размеры аппаратуры должны соответствовать требованиям ТТЗ (ТЗ).

В свою очередь радиоэлектронная аппаратура должна проходить через проемы люков диаметром 594 мм. Размеры аппаратуры подстраиваются под размеры люка, представленного на рисунке 1. Радио электрооборудование должно свободно проходить через проем.

Для люков заданы диаметры и максимальная ширина проема. И под эти размеры конструируют аппаратуру для подводных лодок.

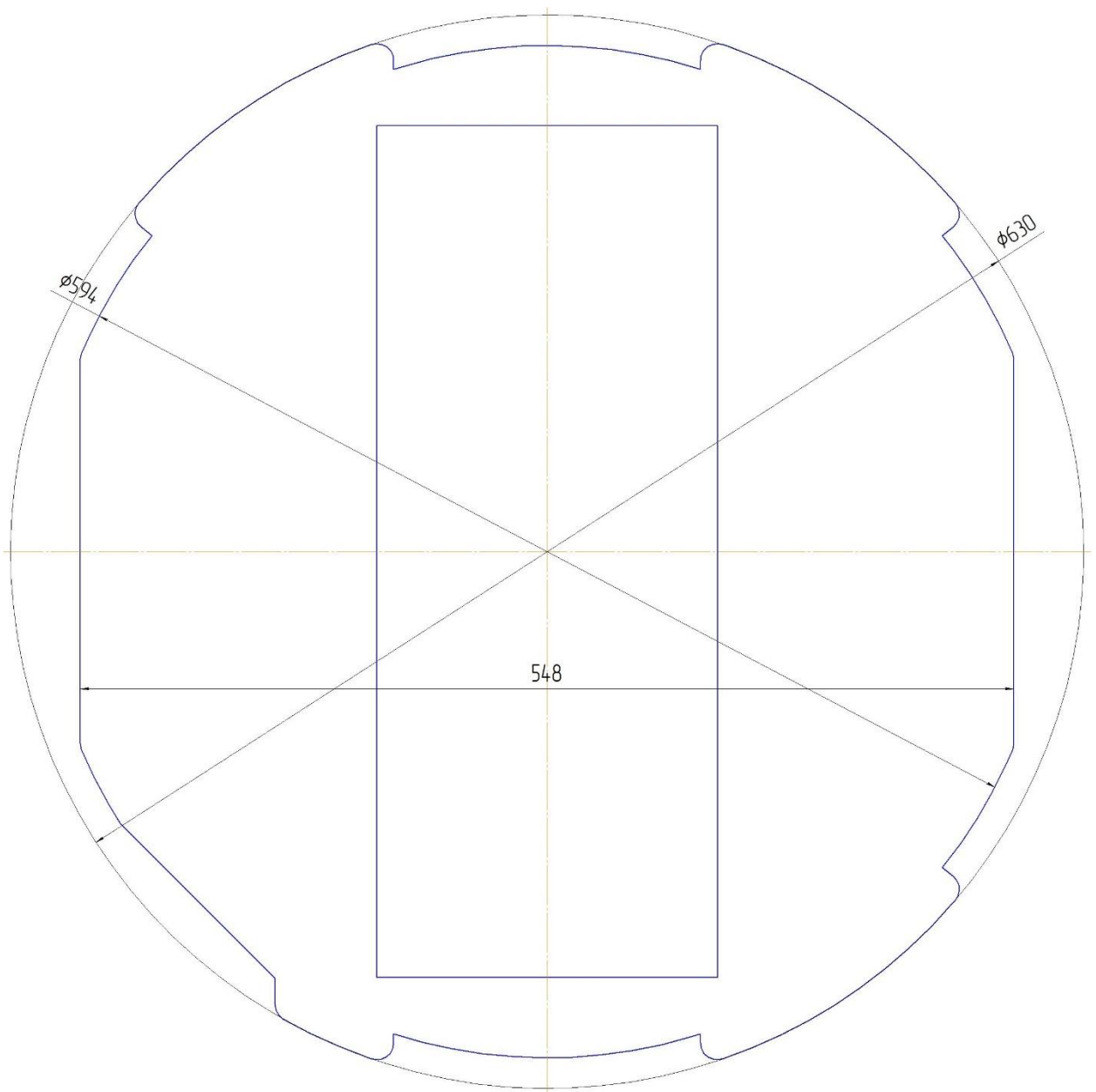


Рисунок 1- Размеры люков ПЛ

Радиоэлектронная аппаратура имеет ряд общих технических требований. Эти требования прописаны в нормативных документах ГОСТ.

Каждый конструктив имеет технический документ (ТЗ-техническое задание), в котором представлены критерии к системе. Этот документ утвержден как заказчиком (пользователем), так и исполнителем (производителем) системы. Такая спецификация содержит системные требования.

Содержание технического задания регламентировано нормативными документами (ГОСТ).

1.2 Требования к аппаратуре морской техники

Приборы, размещаемые в прочном корпусе должны соответствовать группе исполнения 2.3.1 ГОСТ РВ 20.39.304-98.[1]

Аппаратура морской техники должна быть стойкой, прочной и устойчивой к внешним воздействующим факторам, характеристики которых приведены в таблице 1

Таблица 1 – Требования к аппаратуре морской техники

Воздействующий фактор	Характеристика воздействующего фактора	Значение воздействующего фактора для аппаратуры
		Аппаратура подводных лодок
		2.3.1
1	2	3
Синусоидальная вибрация	Амплитуда ускорения, $\text{м/с}^2(\text{g})$	10
	Диапазон частот, Гц	1-35
Механический удар одиночного действия	Пиковое ударное ускорение, $\text{м/с}^2(\text{g})$	По ТТЗ
	Длительность действия ударного ускорения, м/с	По ТТЗ
Качка Качка Наклон: 1)двигательный 2)кратковременный (3мин)	Амплитуда качки, град	+/- 45
	Период, с	7-16

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Качка	Максимальный угол наклона, град	1) 15 2) 30
Повышенная температура среды	Рабочая, ° С	40
	Предельная, ° С	70
Пониженная температура среды	Рабочая, ° С	0
	Предельная, ° С	-50
Изменение температуры среды	Диапазон изменения, ° С	От пониженной предельной температуры среды до повышенной предельной температуры среды
Повышенная влажность воздуха	Относительная влажность, %	98
	Температура, ° С	35
Повышенное давление воздуха или газа	Значение при эксплуатации Па (мм.рт.ст.)	По ТТЗ
Вода	-	По ТТЗ
Брызги	-	По ТТЗ

Примечание: 2.3.1-Аппаратура, устанавливаемая в специальных помещениях, рубках, центральных постах, постах управления и жилых помещениях.

Требования к резонансу конструкции устанавливаются в соответствии с критериями ГОСТ 20.57.305-98 и ГОСТ РВ 20.39.304-98. [2] Аппаратуре, устанавливаемая в подводных лодках, не допускается допускать наличия механического резонанса конструктивных элементов аппаратуры или ее блоков в диапазоне до 35 Гц .

По согласованию с заказчиком допускается наличие резонансных частот элементов конструкции в указанных диапазонах, если эти резонансы не могут быть устранены, не нарушают нормальное функционирование аппаратуры, не

снижают ее прочность. Также допускается в указанных диапазонах частот наличие собственных резонансов деталей и узлов аппаратуры, принцип действия которых основан на резонансных явлениях, а также наличие резонансов системы аппаратура—виброизоляторы, если они не ведут к нарушению работоспособности аппаратуры.

1.3 Требования к оболочке и покрытиям

Степень защиты аппаратуры оболочками (код IP) выбирают в соответствии с ГОСТ РВ 14254-96 (МЭК 529-89)[3]

В настоящем стандарте описана система классификации степеней защиты, обеспечиваемой оболочками электрооборудования.

Несмотря на то, что данная система пригодна для большинства типов электрооборудования, не следует считать, что все перечисленные степени защиты применимы к данному конкретному типу оборудования. При необходимости изготовителю оборудования следует проконсультироваться с разработчиком настоящего стандарта для определения пригодных степеней защиты, а также частей оборудования, к которым применима установленная степень защиты.

Стандарт устанавливает:

а) классификацию степеней защиты, обеспечиваемой оболочками, от проникновения твердых предметов (включая защиту людей от доступа к опасным частям изделий и защиту электрооборудования внутри оболочки от попадания посторонних твердых предметов) и от проникновения воды (защиту электрооборудования внутри оболочки от вредных воздействий в результате проникновения воды);

б) обозначения указанных степеней защиты;

в) требования для каждого обозначения;

г) методы и режимы контроля и испытаний для проверки оболочек электрооборудования на соответствие установленной степени защиты.

Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой, указывается кодом IP следующим образом:

Буквы кода (Международная защита) (International Protection)- IP

Первая характеристическая цифра (цифры от 0 до 6 либо буква X)

Вторая характеристическая цифра (цифры от 0 до 8 либо буква X)

Дополнительная буква (при необходимости) (буквы A, B, C, D)

Вспомогательная буква (при необходимости) (буквы H, M, S)

Краткое описание элементов кода IP приведено в таблице 2

Таблица 2- Элементы кода IP и их обозначения

Элемент	Цифры или буквы	Значение для защиты оборудования
Первая характеристическая цифра		От проникновения внешних твердых предметов
	0	Нет защиты
	1	Диаметром \geq 50мм
	2	Диаметром \geq 12,5мм
	3	Диаметром \geq 2,5мм
	4	Диаметром \geq 1,0мм
	5	пылезащищенное
	6	пыленепроницаемое

Продолжение таблицы 2

Вторая характеристическая цифра		От вредного воздействия в результате проникновения воды
	0	Нет защиты
	1	Вертикальное каплепадение
	2	Каплепадение (номинальный угол 15°)
	3	Дождевое
	4	Сплошное обрызгивание
	5	Действие струи
	6	Сильное действие струй
	7	Временное непродолжительное погружение
	8	Длительное погружение
Дополнительная буква (при необходимости)		-
	A, B, C, D	
Вспомогательная буква (при необходимости)		Вспомогательная информация, относящаяся к:
	H	Высоковольтным аппаратам
	M	Состояние движения во время испытаний защиты от воды
	S	Состояние неподвижности во время испытаний защиты от воды

Защита от попадания внешних твердых предметов предполагает, что щупы-предметы, до цифры 2 включительно, не проникают в оболочку полно-

стью. Это означает, что наибольший диаметр сферы не должен проходить через отверстие в оболочке. Щупы-предметы, которые соответствуют цифрам 3 и 4, не должны проникать в оболочку.

Пылезащищенные оболочки, соответствующие цифре 5, могут пропускать при определенных условиях ограниченное количество пыли. Пыленепроницаемые оболочки, соответствующие цифре 6, не должны допускать проникновения какой-либо пыли.

Вторая характеристическая цифра обозначает степень защиты, обеспечиваемую оболочками в отношении вредного воздействия на оборудование в результате проникновения воды. Обозначение второй характеристической цифрой до 6 включительно означает соответствие одновременно всем требованиям для меньших цифр. При этом не обязательно проводить испытания на установление соответствия какой-либо из более низких степеней защиты, если очевидно, что результаты таких испытаний будут заведомо удовлетворительными.

Принимается, что оболочки, обозначаемые только одной характеристической цифрой 7 либо 8, непригодны для выдерживания воздействия струй воды (обозначаемых второй характеристической цифрой 5 или 6) и не должны удовлетворять требованиям цифр 5 или 6.

Дополнительные буквы следует использовать только:

- если действительная защита от доступа к опасным частям выше защиты, указанной первой характеристической цифрой;
- либо если обозначена только защита от доступа к опасным частям, а первая характеристическая цифра заменена символом X.

В стандарте на конкретные виды изделий может быть установлена дополнительная информация с помощью вспомогательной буквы, помещаемой после второй характеристической цифры или после дополнительной буквы.

1.4 Технические характеристики несущих конструкций

Технологичность конструкции аппаратуры. Номенклатура показателей технологичности конструкции должна соответствовать ГОСТ РВ 14.201-83. [4] Обеспечение технологичности конструкции изделия - функция, которая предусматривает взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на достижение высокой производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе техническое обслуживание и ремонт изделия.

Обеспечение технологичности конструкции изделия включает:

- отработку конструкции изделий на технологичность на всех стадиях её разработки, при технологической подготовке производства и, в обоснованных случаях, при изготовлении изделия;
- совершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделий и фиксация принятых решений в технологической документации;
- количественную оценку технологичности конструкции изделий;
- технологический контроль конструкторской документации;
- подготовку и внесение изменений в документацию по результатам технологического контроля, обеспечивающих достижение базовых значений показателей технологичности.

Данные о том какой уровень технологичности конструкция имеет, должны использоваться в процессе оптимизации конструктивных решений на стадиях разработки конструкторской документации, анализе технологической подготовки производства при принятии решения о производстве изделия, разработке мероприятий по повышению уровня технологичности конструкции изделия и эффективности его производства и эксплуатации.

Количественная оценка технологичности конструкции изделий, а также номенклатура показателей и методика их определения устанавливаются в зависимости от вида изделий, типа производства и стадии разработки конструкторской документации отраслевыми стандартами или стандартами предприятия.

Количество показателей должно быть минимальным, но достаточным для оценки технологичности.

Ремонтопригодность конструкции аппаратуры. Конструкция каждой аппаратуры должна быть ремонтопригодной. Эти показатели устанавливаются в соответствии с критериями ГОСТ 27.003-90 и ГОСТ РВ 20.39.303. [5] Количественные значения показателей ремонтопригодности указывают в техническом задании.

Ремонтопригодность аппаратуры должна обеспечиваться:

- рациональным выбором стратегии ремонта и структуры комплектов ЗИП (запасные изделия прилагаемые) ;
- нужным уровнем контролепригодности аппаратуры;
- установлением современных средств и методов контроля технического состояния аппаратуры;
- широким применением стандартизованных и унифицированных деталей и сборочных единиц;
- ограничением типоразмеров крепежных деталей и перечнем специального инструмента, применяемых при техническом обслуживании и ремонте;
- взаимозаменяемостью однотипных деталей и сборочных единиц;
- доступностью деталей и сборочных единиц и их легкоъемностью при техническом обслуживании и ремонте;
- согласованностью устройств сопряжения (соединителей, переходников и т.д.), средств технической диагностики и аппаратуры;

- приспособленностью составных частей аппаратуры к выполнению регулировочных работ в процессе технического обслуживания и ремонта.

Защита от виброударных нагрузок. Защита от виброударных нагрузок прописана в ГОСТ 26568-85. [6] Требуемые защиты от вибрации и ударов, составные части аппаратуры в необходимых случаях должны быть амортизированы.

Амортизация обеспечивает защиту аппаратуры от механических воздействий по всем направлениям, в которых они могут действовать в эксплуатационных условиях.

Виброизоляторы предназначены для виброизоляции оборудования, а также для его защиты от ударных воздействий. Они могут применяться в качестве опорных, подвесных и упорных на горизонтальных, наклонных и вертикальных фундаментах.

В качестве примера, на базовой несущей конструкции используют спирально-тросовые виброизоляторы, изготовленные по ТУ СТБЛ.304245.005.

Виброизоляторы СТВ (спирально-тросовые виброизоляторы) рядные представляет собой отрезок спирально-свитого стального каната, запрессованного в отверстиях двух пластин, верхней и нижней (рисунок 2).

Требуемые характеристики обеспечиваются следующими параметрами:

- диаметром витка;
- количеством витков;
- наклоном витков;
- диаметром троса;
- маркой троса;
- степенью и способом опрессовки;
- степенью нагружения СТБР;
- формой опрессовки;

- наклоном СТБР относительно оси нагружения т. п.;

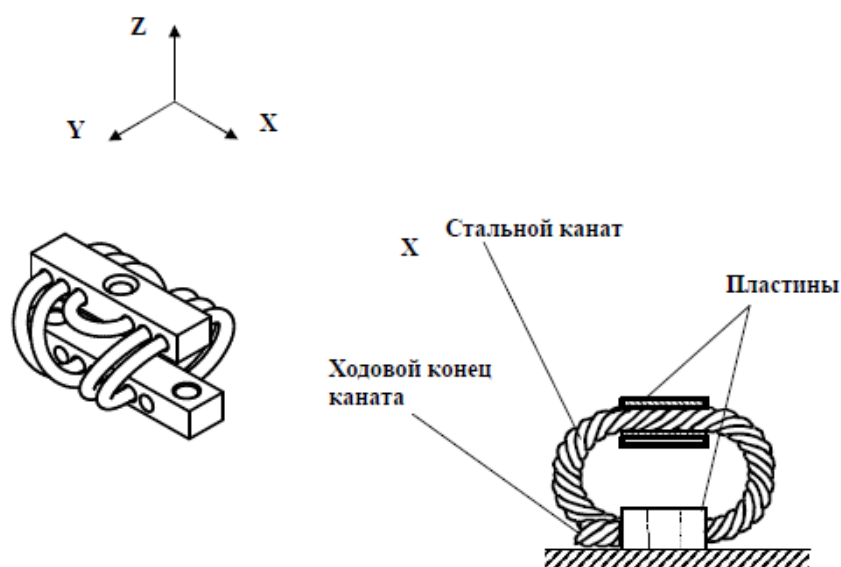


Рисунок 2 - Спирально-тросовые виброизоляторы

Демпфирование динамической (вибрационной или ударной) нагрузки происходит за счет сухого трения между проволоками и прядями стального каната, что обеспечивает увеличение эффективности ударо- и виброзащиты.

Так же могут применяться составные (усилительные) виброизоляторы.

Виброизолятор составной (СТВС) (рисунок 3) конструктивно состоит из двух рядных виброизоляторов установленных на одном нижнем основании, зафиксированных одной верхней пластиной (крышей), и расположенных под углом 90° друг к другу.

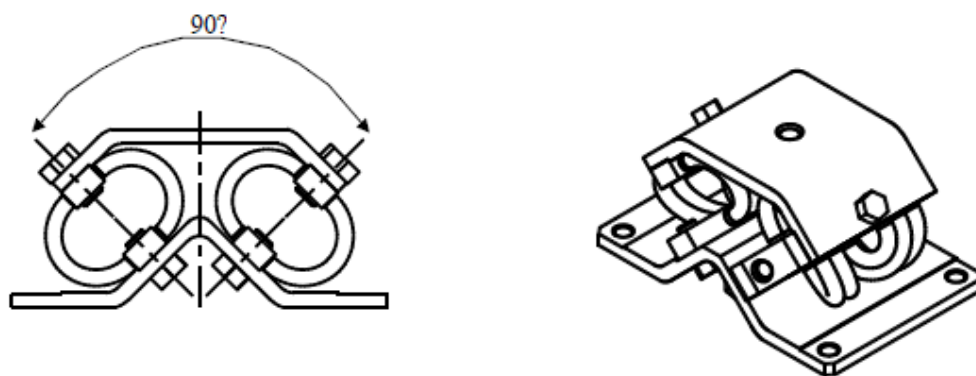


Рисунок 3 - Виброизолятор составной

Критериями работоспособности амортизирующего крепления являются:

- Обеспечение необходимой (если это задано) виброизолирующей эффективности амортизирующего крепления;
- Обеспечение деформации виброизоляторов при эксплуатационных и ударных кинематических воздействиях, не превышающей величины допустимого для виброизолятора свободного хода.
- Обеспечение стойкости амортизированного объекта к ударному воздействию. Указанная стойкость подтверждается либо экспериментально, либо расчетом прочности амортизированного объекта.

Монтаж амортизирующих креплений следует производиться в соответствии с действующими нормативно-техническими документами по монтажу механизмов и оборудования на объектах, конструкторской документацией и настоящей инструкцией

Для установки на объект допускаются виброизоляторы, удовлетворяющие требованиям ТУ. Загрязняющие вещества с опорных поверхностей должны быть удалены. Виброизоляторы не требуют окраски.

Требования к материалам и покрытиям. Материалы, применяемые для изготовления деталей, узлов и блоков аппаратуры, должны быть выбраны исходя из назначения аппаратуры и условий её эксплуатации, а также подчиняться требованиям, указанным в ГОСТ РВ 20.39.309-98.[7]

Покрытия должны обеспечивать коррозионную стойкость, внешний вид аппаратуры при эксплуатации, при хранении с соблюдением требований по консервации и при хранении изделий в производстве.

Металлические и неметаллические неорганические покрытия должны соответствовать требованиям ГОСТ 9.301 (Покрытия металлические и неметаллические неорганические)

Виды и толщину неорганических покрытий в зависимости от назначения аппаратуры и условий её эксплуатации следует выбирать в соответствии с ГОСТ 9.303 с учетом дополнительных требований по ГОСТ ВД 9.303 или нормативными документами, разработанными на их основе. Во избежание коррозии элементов и составных частей аппаратуры при выборе покрытий учитываются требования, прописанные в ГОСТ 9.005 (Металлы, сплавы, металлические и неметаллические неорганические покрытия. Допустимые и недопустимые контакты с металлами и неметаллами)

Требования к цветовому оформлению аппаратуры. Требования к цветовому оформлению прописаны в ГОСТ 21227-93.[8] Требования к цветовому оформлению аппаратуры определяться на основе выбора художественного решения, соответствующего требованиям технической эстетики по всей аппаратуре в целом и функциональных особенностей ее составных частей.

Лицевые панели аппаратуры не должны иметь бликов. Поэтому во избежание их возникновения, лицевые панели должны иметь матовое или полуматовое покрытие. Цвет лицевых панелей должен отличаться от цвета внешних установочных элементов (ВУЭ) и формообразующих поверхностей аппаратуры. Цветовой контраст между лицевой панелью и ВУЭ должен быть сильнее, чем между лицевой панелью и формообразующими поверхностями аппаратуры. Цвет ВУЭ обязан соответствовать общему цветовому оформлению аппаратуры. Для цветового кодирования отдельных ВУЭ (аварийных, требуемых для немедленного использования, и т.п.) разрешено пользоваться яркими хроматическими цветами.

Цвета окраски аппаратуры рекомендуется выбирать в соответствии с указаниями таблицы 3.

Таблица 3 – Цветовое оформление аппаратуры

Цвет	Область применения
Белый, светло-серый, дымчатый, серо-голубой, серо-зеленый, серо-бежевый, зеленый, зелено-голубой, светло-салатовый, слоновая кость, темно-бежевый и кофейный	Для всех частей наземной (устанавливаемой внутри помещений, подвижных объектов военной техники и т.д.) и корабельной аппаратуры, в том числе для лицевых панелей. Для лицевых панелей переносной аппаратуры, эксплуатируемой вне помещений. Для наружных частей аппаратуры, устанавливаемой в кабинах летательных аппаратов (кроме лицевых панелей). Для контрольно-измерительных приборов
Защитный (маскировочный)	Для всех частей наземной и переносной аппаратуры, эксплуатируемой вне помещений, кроме лицевых панелей
Шаровый	Для морской аппаратуры, устанавливаемой на верхних палубах, надстройках, мачтах и т.д.
Черный (матовый)	Для лицевых панелей аппаратуры, устанавливаемой в кабинах летательных аппаратов
Красный	Для деталей аппаратуры (кожухов, заглушек и т.п.), подлежащих обязательному съему перед эксплуатацией. На наружной поверхности таких деталей необходимо дать соответствующие надписи. Если размеры деталей не позволяют выполнить надписи, указания о необходимости снятия деталей дают в инструкциях

Тип краски для морской аппаратуры определен маркой ПФ-218 ГС, а именно зеленовато-желтым и светло-серым цветом.

Персонал, обслуживающий аппаратуру, должен быть защищен её внешними воздействиями

Требования безопасности обслуживающего персонала. Требования безопасности электротехнической аппаратуры - по ГОСТ 12.2.007. [9] Конструкция аппаратуры должна обеспечивать защиту персонала:

- от поражения электрическим током;
- от энергетической опасности;
- от воздействия высоких температур;
- от воздействия излучения, а именно от ионизирующих и электромагнитных;
- от последствий взрыва взрывоопасных элементов, устройств, веществ и материалов;

- от огня;
- от движущихся частей аппаратуры, а также неустойчивости ее отдельных составных частей при воздействии на них механических нагрузок;
- от вредных и опасных веществ, которые образуются при функционировании аппаратуры, а также при воздействии внешних факторов.

Конструкция аппаратуры должна защищать обслуживающий персонал от опасных факторов пожара и возможного взрыва взрывоопасных веществ, элементов и устройств, возникающих в аварийных ситуациях, а также при воздействии внешних факторов.

К опасным факторам относятся:

- пламя и раскаленные частицы;
- повышенная температура окружающей среды;
- осколки и части разрушенных конструкций;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- радиоактивные и токсичные вещества, выделившиеся из разрушенных устройств;
- дым и пониженная концентрация кислорода.

Легковоспламеняющиеся и способствующие распространению горения элементы, материалы, вещества и покрытия, запрещаются применять в конструкции аппаратуры. Их использование допускается только в единственном случае, если без этих компонентов аппаратура не будет функционировать. В техническом задании на аппаратуру конкретного типа должно оговаривать применение этих элементов. При этом легковоспламеняющиеся компоненты аппаратуры следует располагать в наиболее безопасных местах, а также применять теплоизоляцию.

Не прошедшие гигиеническую проверку и проверку на пожароопасность в установленном порядке, новые вещества, элементы и материалы не допускаются к применению.

Горючие вещества, выделившиеся из изделий, материалов и покрытий при функционировании аппаратуры за счет тепловых и химических процессов, а также при воздействии внешних факторов, должны иметь пожаробезопасную концентрацию, в противном случае должны быть приняты меры, исключаящие их воспламенение от различных источников зажигания.

Не прошедшие проверку на взрывоопасность в установленном порядке, новые вещества, элементы и материалы так же запрещаются в применении.

Разработка аппаратуры должна проводиться с учетом обеспечения требований экологической безопасности, прописанные в стандартах по охране природы.

Требования к габаритным размерам и массе. Требования к размерам конструкции разрабатываемой аппаратуры изложены в ГОСТ РВ 20.39.309-98.[10]Масса аппаратуры должна быть задана в ТТЗ (ТЗ). Масса отдельных узлов и блоков аппаратуры должна быть не более 30 кг. По согласованию с заказчиком разрешается увеличивать массу узлов и блоков в случаях, определяемых конструктивными особенностями аппаратуры.

Узлы и блоки аппаратуры массой свыше 30 кг должны иметь устройства для их подъема и удержания в поднятом положении при монтажных работах и техническом обслуживании (ручки, рым-болты и т.п.).

Аппаратура, предназначенная для установки на объектах, должна проходить через проемы этих объектов (люки, двери, изгибы коридоров, шахт, штолен и т.п.) в том виде, в котором предусмотрено в конструкторской документации на аппаратуру конкретного типа. Габаритные размеры аппаратуры должны быть заданы в ТТЗ (ТЗ).

Требования стандартизации и унификации. Требования стандартизации и унификации должны быть заданы в ТТЗ (ТЗ) на все разрабатываемые и модернизируемые образцы аппаратуры. В них должна быть предусмотрена взаимная унификация аппаратуры, а также сокращение номенклатуры составных частей аппаратуры, комплектующих изделий, вспомогательного оборудования, средств обслуживания и ремонта, материалов и сырья.

Требования стандартизации и унификации на аппаратуру и ее составные части устанавливаются в виде количественных показателей уровня стандартизации и унификации и качественных требований стандартизации и унификации, изложенных в ГОСТ В 15.207-90.[11]

В техническом задании задаются следующие количественные показатели уровня стандартизации и унификации:

- коэффициент применяемости;
- коэффициент повторяемости;
- коэффициент межпроектной унификации.

Качественные требования по стандартизации и унификации, устанавливаемые в техническом задании, предусматривают:

- Применение и соблюдение стандартов и ограничительных перечней;
- Обеспечение совместимости и взаимозаменяемости разрабатываемого изделия с другими изделиями, с которыми они совместно эксплуатируются, а также средствами технического обслуживания, контроля и ремонта;
- Использование при разработке изделия ранее спроектированных, освоенных в производстве и проверенных в эксплуатации составных частей, КИМП и материалов, а также рациональное сокращение номенклатуры составных частей (в том числе оригинальных) ;
- Применение базового и блочно-модульного методов проектирования;
- Использование параметрических и типоразмерных рядов, стандартизованных конструкций и размеров;

- Использование типовых технологических процессов, стандартных и унифицированных средств технологического обслуживания и ремонта.

1.5 Система построения базовых несущих конструкций 1,2,3 уровней

При разработке конструкции основных составных частей аппаратуры должно быть применено минимальное число разновидностей базовых конструкций. Уровни разукрупнения БНК аппаратуры должны соответствовать ГОСТ 26765.20.[12]

Настоящий стандарт распространяется на базовые несущие конструкции РЭА (БНК РЭС) первого, второго и третьего конструктивных уровней и устанавливает систему построения и координационные размеры, которые обеспечивают их конструктивную совместимость.

Система построения БНК предусматривает 3 уровня разукрупнения (рисунк 4):

- БНК 3 (корпус шкафа (далее — шкаф), стойка, корпус пульта*- (далее — пульт) и другие конструкции на их основе).
- БНК 2 (вставной блок, блочный каркас, корпус блока бортовых авиационных РЭС);
- БНК 1 (ячейка);

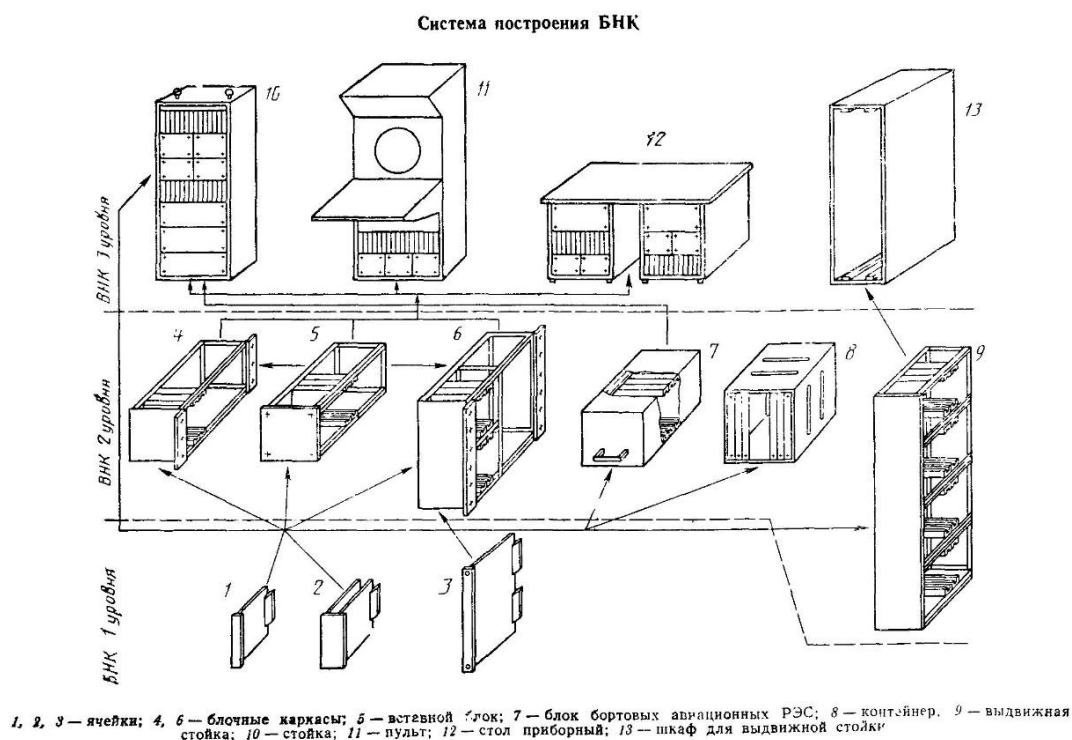


Рисунок 4 – Система построения БНК

Система построения и координационные размеры БНК1, БНК2 и БНК3 конструктивных уровней, обеспечивающие их конструктивную совместимость, взаимозаменяемость и применяемость автоматизированных методов конструирования и производства БНК, должны соответствовать ГОСТ 26765.20. [6]

Схема построения аппаратуры может быть двух разновидностей:

- двухуровневая (ячейка — шкаф)
- трехуровневая (ячейка — вставной блок — блочный каркас — шкаф, ячейка — блочный каркас — шкаф, ячейка — вставной блок — шкаф, ячейка — контейнер — рама).

Базовая несущая конструкция третьего уровня. К БНК 3 уровня относятся шкафы, стойки, пульта, стеллажи, тумбы, столы приборные, монтажные рамы (рисунок 5)

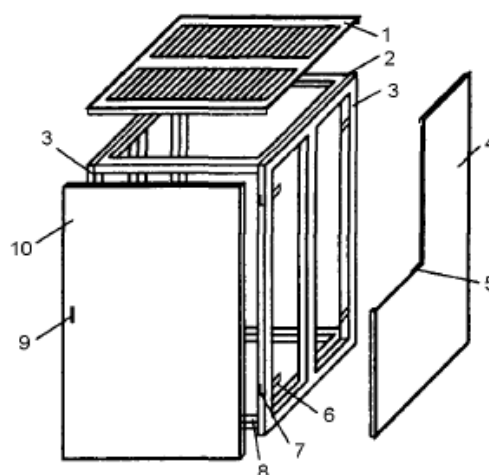


Рисунок 5 - Шкафная стойка

1-крышка, 2- верхнее основание каркаса, 3-боковина, 4 – щит, 5- элемент жесткости щита, 6- кронштейн, 7- подвеска дверцы, 8- нижнее основание каркаса, 9- ручка, 10-дверца

Конструктивной основой любой стойки является каркас, обычно изготавливаемый из стального уголкового профиля или труб прямоугольного, или квадратного сечений. На рисунке 5 представлен каркас шкафной стойки, который собирается из двух боковин 3, нижнего 8 и верхнего 2 оснований каркаса. Боковины и основания сварены из труб и в единую конструкцию объединяются болтовым соединением. Для этого в трубы боковин и оснований в местах болтовых соединений помещаются вкладыши, имеющие форму и размеры поперечного сечения отверстий труб. Вкладыши обеспечивают требуемую жесткость соединения и предохраняют от сминания трубы при завинчивании болтов деталей каркаса. Чаще всего каркас стойки выполняется цельносварным.

На каркасе закрепляется крышка 1 с вентиляционными отверстиями, два боковых щита 4 и подвешиваются дверцы 10. Для придания жесткости с внутренней стороны поверхности щита и дверцы приваривается элемент жесткости 5, проходящий по всей высоте дверцы и щита. Щит 4 к боковине каркаса 3 закрепляется с внутренней стороны стойки винтовым соединением. Для этого по периметру боковин 3 каркаса приваривают кронштейны 6, и, напротив, в соответствующих местах щита - скобы с отверстиями под резьбу. Щит подтягивается к каркасу и фиксируется по всей плоскости боковины 3. Дверцы 10 подве-

шиваются на петлях к подвескам 7 и имеют кнопку-ручку 9, при нажатии на которую защелка выходит из фиксируемого положения и под действием отжимной пружины свободный край дверцы отходит от каркаса. К использованию магнитных защелок нужно подходить осторожно, так как при этом неизбежно появление магнитных полей и возможно их влияние на работающую аппаратуру.

Дверцы и щиты должны плотно прилегать к каркасу без щелей, через которые происходит утечка охлаждающего воздуха, а внутрь стойки проникает пыль, внешние электрические, магнитные и электромагнитные поля. По требованиям техники безопасности, а также из соображений экранирования стойки электрическое сопротивление между деталями каркаса, дверцами и щитами должно быть минимальным. Для этого детали каркаса, щиты, дверцы электрически объединяют оплеткой экранированного проводника с контактными лепестками «под винтовое соединение». На детали каркаса привариваются бобышки, на щиты и дверцы - скобы. В бобышках и скобах нарезают резьбовые отверстия, и устанавливают контактные лепестки оплетки.

Блоки в стойке коммутируют жгутом, закрепляемым на монтажной панели стойки. Этот же жгут подводит сигнальные цепи к соединителям внешней коммутации, размещаемым на боковых поверхностях или поддоне стойки.

Часто в одной и той же стойке размещаются неразъемные и разъемные вставные блоки. Первые, как правило, осуществляют обработку информации, а вторые — охлаждение и снабжение электропитанием блоков обработки информации.

Шкафная стойка рамной конструкции komponуется из блоков, глубина которых во много раз меньше глубины каркаса стойки. В этом случае блоки устанавливают в промежуточную конструкцию — раму. В стойке размещают вертикально несколько рам. Количество рам зависит от глубины стойки и рамы. Глубина рамы несколько больше глубины устанавливаемых в стойку блоков (с

учетом объема межблочной коммутации). В единую конструкцию рамы объединяются каркасом стойки.

В двухрамной стойке для доступа к монтажным сторонам и лицевым панелям блоков одна или обе рамы выполняют поворачивающиеся вокруг оси подвески. При открытых дверцах и рамах, находящихся в рабочем вдвинутом состоянии, рамы ориентируют монтажными сторонами наружу, что позволяет контролировать сигнальные цепи блоков рамы контрольно-измерительной аппаратурой.

Коммутацию в стойке рам между собой удобно выполнять плоским объемным или печатным жгутом. Для этой цели со стороны подвески рам на боковой поверхности устанавливают соединители внешней коммутации. Эти же соединители на неподвижной раме можно использовать для меж-стоечной коммутации.

Базовая несущая конструкция второго уровня. Блочный каркас - это промежуточный конструктивный элемент между БНК 1 или вставным блоком и шкафом. По ширине блочный каркас занимает весь проем шкафа и может быть разделен внутренними перегородками на отдельные отсеки для установки в них БНК 1 или вставных блоков, ширина которых меньше проема шкафа.

Вставной блок является конструктивной модификацией блочного каркаса и предназначен для установки в него БНК 1 как в один, так и в два ряда по высоте. Вставной блок размещается в блочном каркасе или непосредственно на раме в шкафу или стойке.

Вставные блоки образуются путем установки на блочный каркас (без фланцев) панелей:

- задней — для размещения элементов электрических соединений;
- передней — для закрепления блока в блочном каркасе или на раме в шкафу и для установки элементов контроля, индикации, управления и т. п.

Конструкция крепления зависит от условий эксплуатации изделия. Крепление может быть винтовым или с помощью замков.

Вставные блоки могут образовываться соединением нескольких блочных каркасов по высоте с общими передними и задними панелями.

Основой электрических соединений ЭМ 1 в БНК 2 являются соединительные печатные платы, в том числе многослойные, накрутка, пайка, кабельные соединения, а также другие соединительные устройства на базе новых технологий (тканая соединительная плата). Выход внешних электрических связей из БНК 2 определяется ее компоновкой в БНК 3 и обеспечивает возможность применения врубного, накидного и петлевого электромонтажа.

При агрегатировании БНК 2 в составе РЭС электрические соединения между ними осуществляются преимущественно плоскими кабелями.

Базовая несущая конструкция первого уровня. БНК 1 предназначены для создания электронных модулей первого уровня (ЭМ 1) цифровой и аналоговой аппаратуры, модулей ВЧ и СВЧ диапазона, а также модулей системы вторичного электропитания и управления. Для всех видов модулей применяются соединители единой серии, обеспечивающие заданные требования к РЭС. Допускается установка дополнительных электрических соединителей на передних панелях БИК 1.

БНК 1 устанавливается в корпус вставного блока параллельно лицевой панели или в блочный каркас (контейнер) параллельно боковым стенкам. В обоих случаях установку и извлечение ячейки проводят по направляющим.

При конструировании модулей первого уровня выполняются следующие работы:

- Изучение функциональных схем с целью выявления одинаковых по назначению подсхем и унификации их структуры в пределах изделия, что при-

водит к уменьшению многообразия подсхем и номенклатуры различных типов ТЭЗ.

- Выбор серии микросхем, корпусов микросхем, дискретных радиоэлементов.
- Выбор единого максимально допустимого числа выводов соединителя для всех типов модулей. За основу принимают число внешних связей наиболее повторяющегося узла с учетом цепей питания и нулевого потенциала и до 10 % запаса контактов на возможную модификацию.
- Определение длины и ширины печатной платы. Ширина платы, как правило, кратна или равна длине соединителя с учетом полей установки и закрепления платы в модуле второго уровня. Требования по быстродействию и количество устанавливаемых на плату компонентов влияют на ее длину.
- Собственно, конструирование печатных платы.
- Выбор способов защиты модуля от перегрева и внешних воздействий.

Координационные размеры БНК. Система построения БНК основывается на унификации координационных, установочных и присоединительных размеров, при этом определяющим фактором является выбор размерной сетки и размерных модулей для БНК.

Координационные размеры БНК определяются, как исходные, для сопрягаемых плоскостей без учета допусков.

Координационные размеры БНК по высоте (Н), ширине (В) и* глубине (длине) (L) соответствуют однородной метрической трехмерной модульной сетке. В качестве базовых приняты размерные модули 2,5 мм (для координационных размеров БНК 1 и присоединительных размеров БНК всех уровней) и 25,0 мм (для координационных размеров БНК 2 и БНК 3). Это создает опти-

мальные условия для применения автоматизированных методов на всех стадиях конструирования и производства.

Все координационные размеры БНК кратны размерным модулям. Точки крепления элементов БНК, а также их установочные и присоединительные размеры должны лежать в узлах координационной сетки соответствующего размерного модуля.

Размеры БНК 3, БНК 2 и БНК 1 соответствуют координационным размерам, приведенным в последующих пунктах.

Координационные размеры ячеек

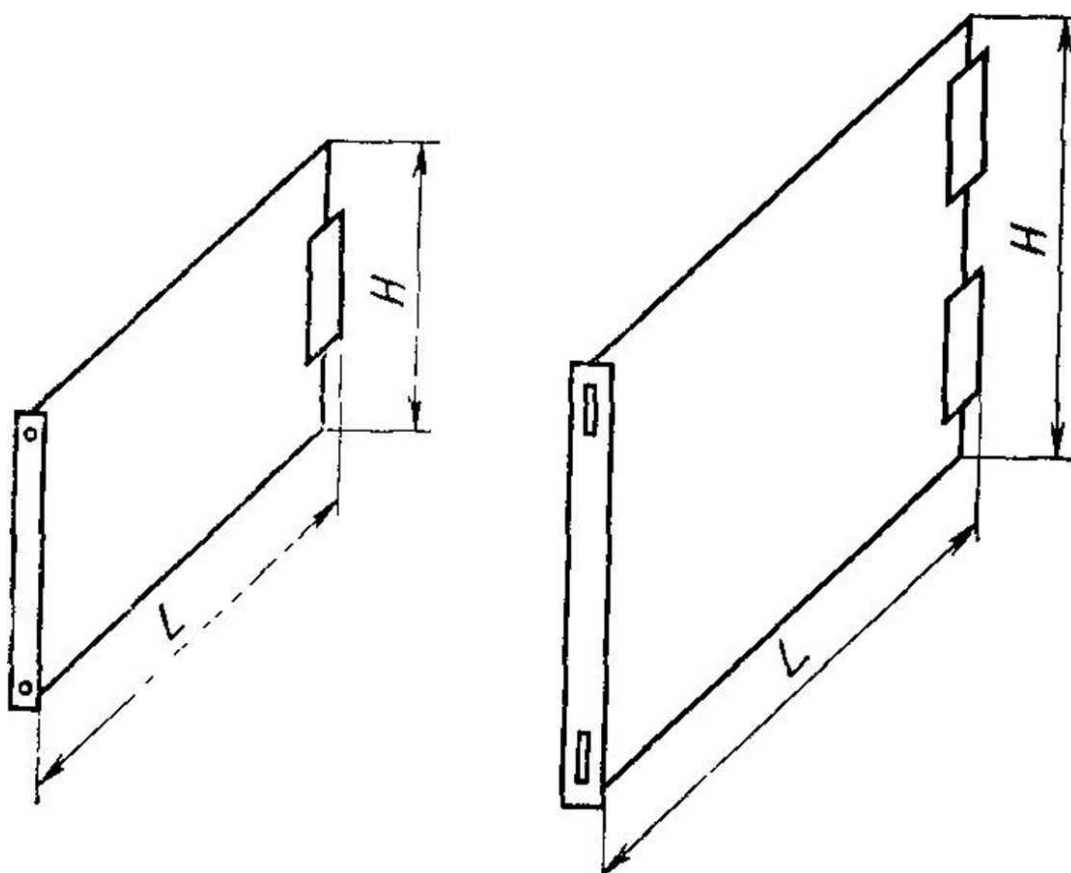


Рисунок 6-Координационные размеры ячеек

Координационные размеры базовой несущей конструкции третьего уровня.

Координационными размерами шкафов или стоек являются их высота (H), ширина (B) и глубина (L) и соответствующие высота (H1), ширина (B1) и

глубина (L_1) проемов для установки блочных каркасов или вставных блоков (рисунок 7-б).

Координационные размеры шкафа или стойки по высоте приведены в таблице 4. Размеры по высоте включают крышки, опоры, колеса и т. п.

H — высота шкафа или стойки, $H=n \times 25$ мм; l — высота проема для установки блочных каркасов или вставных блоков, $H_1 = H - 250$ мм.

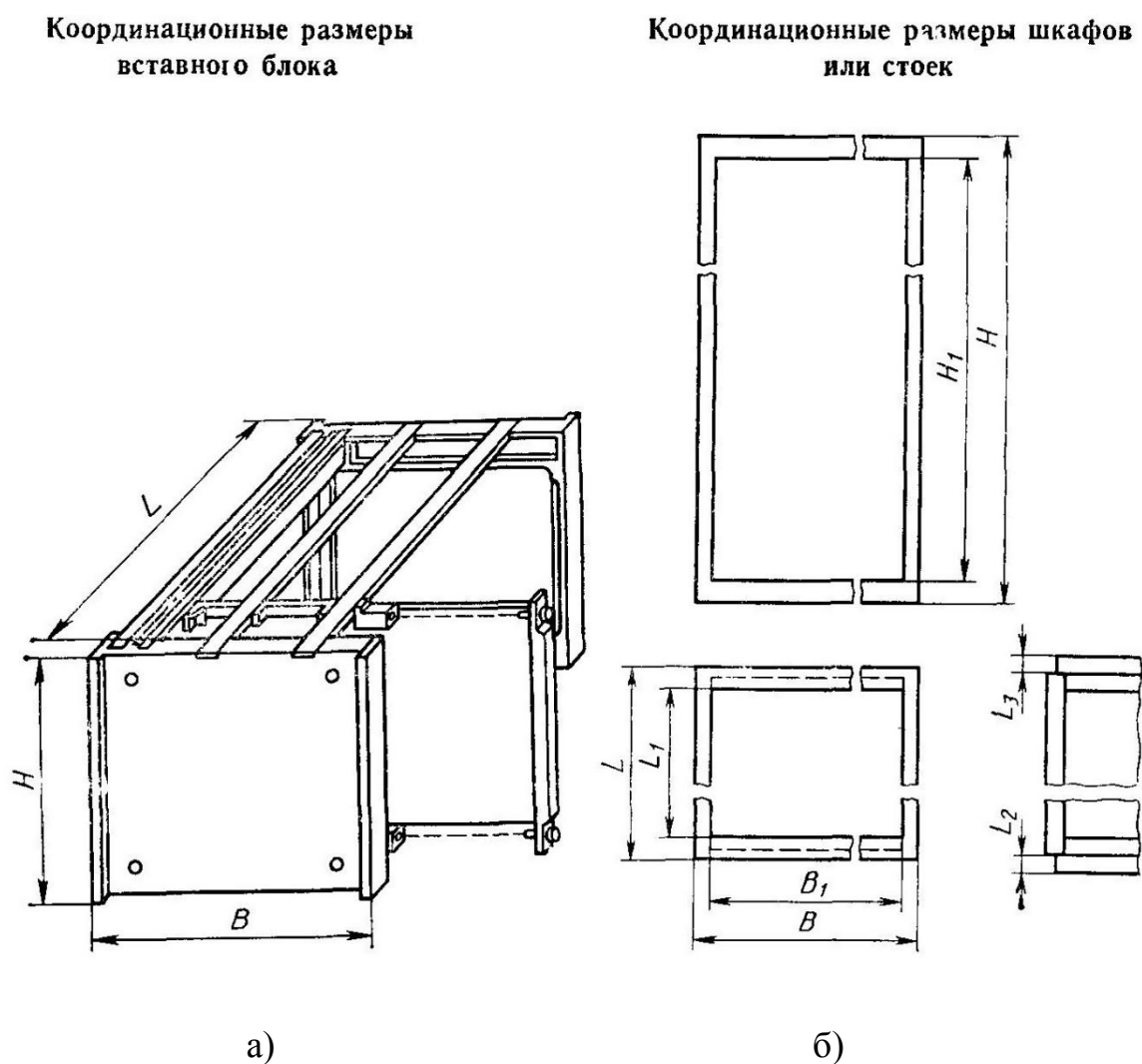


Рисунок 7 – Координационные размеры

Таблица 4 – координационные размеры шкафов по высоте

мм											
H	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
H_1	350	550	750	950	1150	1350	1550	1750	1950	2150	2350

Примечания:

1. Наружные координационные размеры по высоте шкафов или стоек, включающие дополнительное оборудование, например, крышки, верхние облицовочные панели или вентиляторы, смонтированные сверху шкафа, должны быть кратны целому числу 25.

2. Размеры проемов могут быть увеличены на значение, кратное 25.

Координационные размеры базовой несущей конструкции второго уровня.

Координационными размерами блочных каркасов являются их высота (H), ширина (B) и длина (L) и соответствующие высота (H₁), ширина (B₁) и глубина (L₁) проемов для установки БНК 1 или вставных блоков (Рисунок 8).

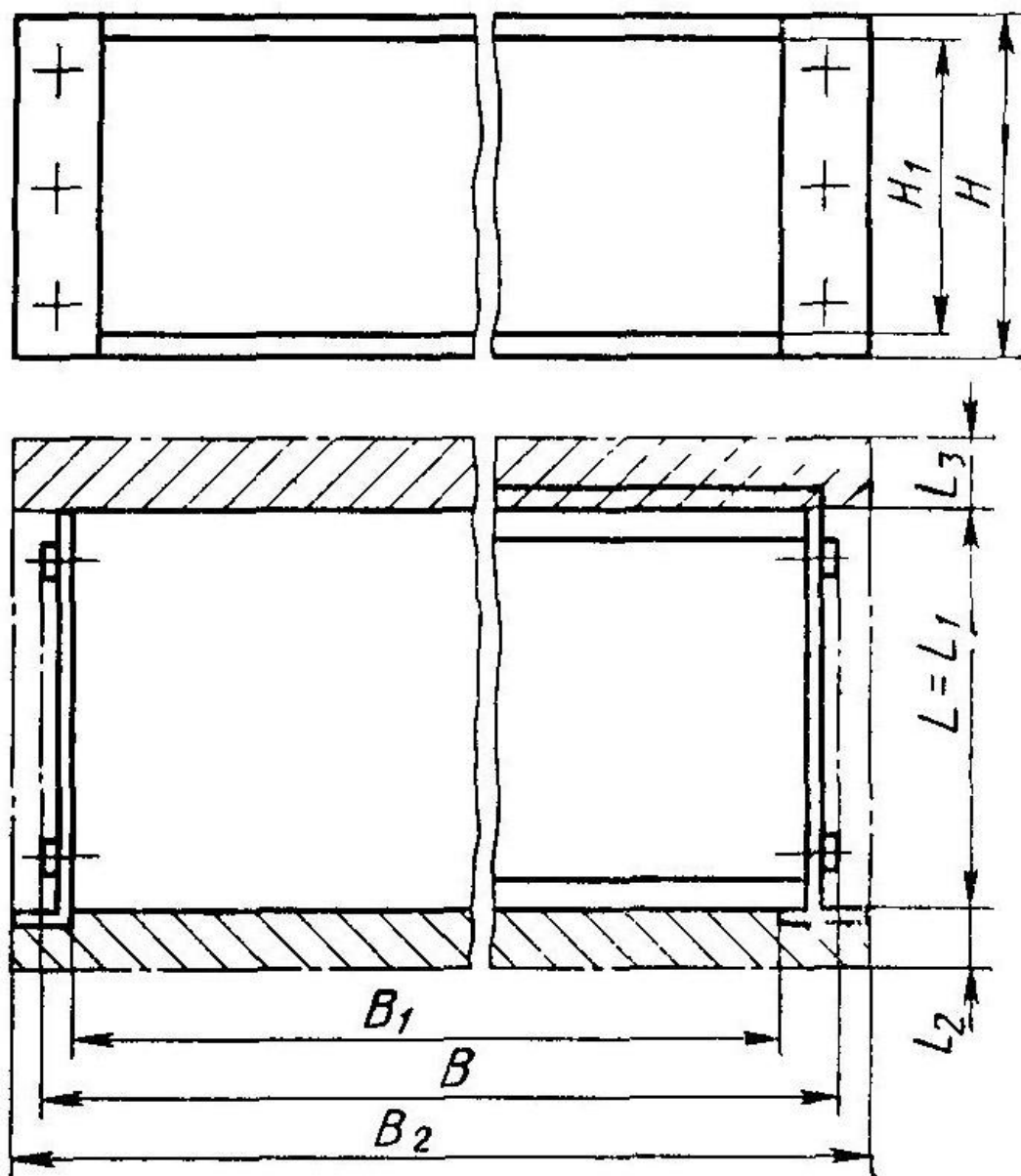


Рисунок 8 - Координационные размеры блочного каркаса

Координационные размеры блочных каркасов по высоте приведены в таблице 5, где H — высота блочного каркаса; $H = n \times 25 \text{ мм}$ (n — коэффициент, соответствующий числу размерных модулей в данном размере), H_1 — высота проема для установки БНК 1 (вставных блоков), $H_1 = H - 25 \text{ мм}$

Таблица 5 – Координационные размеры блочных каркасов по высоте

мм											
H	100	125	150	200	225	300	325	400	425	450	600
H_1	75	100	125	175	200	275	300	375	400	425	575

Координационные размеры блочных каркасов по ширине приведены в таблице 6, где B — ширина блочного каркаса, $B = n \times 25$ мм, B_1 — ширина проема для установки БНК 1 (вставного блока), B_2 — общая ширина.

Таблица 6 -Координационные размеры блочных каркасов по ширине

мм							
B	250	325	350	400	450	500	525
B_1	225	300	325	375	425	475	500
B_2	285	360	385	435	485	535	560

Примечание. Размеры B и B_2 могут быть уменьшены, а размер B_1 увеличен на значения, кратные 5.

Координационные размеры блочных каркасов по глубине: L (10— 125, 175, 200, 225, 250, 300, 325, 375, 425, 450 мм, где L — глубина блочного каркаса, $L = n \times 25$ мм; $L = L_1$. L_1 — глубина проема для установки БНК 1 (вставных блоков).

Примечание. Наружные координационные размеры L_2 и L_3 , образующие дополнительные пространства для электрических соединений, элементов системы охлаждения, должны быть кратны 25.

Координационными размерами вставных блоков (рисунок 7-а) являются: их высота H — 200, 300, 400 мм, ширина B — 125, 200, 250, 300, 325 мм и длина L — 300, 425, 450 мм.

Примечание. Размер L может быть уменьшен на значения, кратные 25.

Координационные размеры настольных и переносных блоков равны размерам вставных блоков с возможным увеличением их на значение, кратное 2,5.

Координационные размеры базовой несущей конструкции первого уровня.

Координационными размерами БНК 1 являются: высота (H) и длина (L) ячейки (рисунок 6). Значения высоты H: 115, 170, 265, 365, 415, 565 мм. Под высотой понимается сторона ячейки, на которой установлен электрический соединитель. Длина ячейки определяется глубиной БНК 2 (БНК 3), в которую она устанавливается.

Примечания:

1. Координационные размеры БНК 1 с учетом каркаса могут быть больше размеров печатной платы на значение, кратное 2,5.

2. Координационные размеры БНК 1 115, 265, 415, 503 мм для изделий специального назначения применять по согласованию с заказчиком.

Крепежные детали (кроме гаек), часто отвинчиваемые при эксплуатации, должны быть невыпадающими.

Крепежные детали разъемных соединений должны быть предохранены от саморазъединения.

В конструкции аппаратуры должны применяться резьбовые соединения, в том числе и с защитными покрытиями, номинальные размеры, допуски и посадки которых соответствуют государственным стандартам.

Конструкция и расположение в аппаратуре разъемных соединений должны обеспечивать возможность применения стандартного инструмента. При невозможности применения стандартного инструмента по согласованию с

заказчиком (представителем заказчика) допускается применять специальный инструмент.

Конструкция составных частей аппаратуры обеспечивает полную их взаимозаменяемость в процессе устранения неисправностей, исключая (или минимизируя) при этом дополнительную подстройку аппаратуры и замену других элементов при смене отказавших.

Съемные и разъединяющие составные части аппаратуры должны иметь конструктивные элементы (ключи), предотвращающие их неправильную установку и включение.

В конструкции аппаратуры должны быть предусмотрены приспособления, обеспечивающие фиксацию ее составных частей в положении, удобном для осмотра и проверки.

Конструкция должна быть оснащена устройствами (металлизацию, зануление, заземление и др.), обеспечивающими защиту аппаратуры и ее составных частей от повреждений при воздействии статического электричества, электрических и тепловых перегрузок, вызванных:

- переходными (нестационарными) режимами в аппаратуре и в сетях электрического питания;
- выходом из строя систем обеспечения тепловых режимов.

Защита от воздействия статического электричества и перегрузок на аппаратуру и ее составные части должна быть указана в ТТЗ (ТЗ).

1.6 Выводы

На основании рассмотренного теоретического материала по техническим характеристикам базовых несущих конструкций было установлено следующее.

Ключевым фактором для построения несущей конструкции является соответствие требованиям, предъявляемых к этой аппаратуре.

Размеры базовой несущей конструкции подстраивается под размеры люка подводной лодки. Аппаратура морской техники должна быть стойкой, прочной и устойчивой к внешним воздействующим факторам. Для оболочки аппаратуры представлена классификация степеней защиты от проникновения твердых предметов и от проникновения воды.

Каждый конструктив должен подчиняться ряду технических требований прописанных нормативных документах ГОСТ. Примером таких требования является ремонтпригодность, технологичность, ударопрочность и т.д. Так же каждый рассматриваемый конструктив имеет технический документ с представленными критериями к этой системе. В этом документе представлена система построения БНК, на какие уровни она делится и их координационные размеры, обеспечивающие их конструктивную совместимость, взаимозаменяемость.

2 МОНИТОРИНГ СУЩЕСТВУЮЩИХ БНК ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АППАРАТУРЫ ГАК ПЛ

2.1 Тенденции и направления развития метрических и дюймовых систем БНК

Термин «механическая конструкция для электронного оборудования» вошел в обиход одновременно с началом внедрения в отечественную практику стандартов разработки технического комитета (ТК 48) «Электромеханические компоненты (соединители) и механические конструкции для электронного оборудования «Международной электромеханической комиссии (МЭК). [13]

Для отечественной практики более привычен термин «несущая конструкция», реализованный в ГОСТ 21676-2000 и относящийся к элементам конструкции или их совокупности, предназначенным для размещения технических средств и обеспечения их устойчивости и прочности в заданных условиях эксплуатации. Базовой (БНК) является несущая конструкция, габаритные, установочные и присоединительные размеры которой стандартизованы.

Проведем анализ состояния и обоснование путей развития отечественных БНК в современных условиях.

На основе БНК в настоящее время построено более 80% разрабатываемой аппаратуры, поэтому без развития системы БНК невозможно обеспечить рациональное сокращение номенклатуры создаваемых и используемых радиоэлектронных средств (РЭС), необходимое качество и, что особенно важно при рыночной экономике, снижение затрат. Именно развитие системы БНК позволяет перейти на качественно новый уровень разработки аппаратуры – гибкое комплексирование систем РЭС на основе стандартных электронных модулей (СЭМ), стандартного программного обеспечения и единой системы высокопроизводительных интерфейсов, что в конечном итоге обеспечит:

- повышение технико-экономической эффективности разработки, производства и эксплуатации РЭС;
- обеспечение высокой эксплуатационной надежности РЭС;

- внедрение новых информационных технологий;
- конкурентно - способность аппаратуры на международном рынке;
- решение вопросов импортозамещения электронных модулей;

Поэтому основной задачей унификации БНК является выбор лучших технических решений на основе сравнения альтернативных вариантов по получаемому эффекту и затрачиваемым средствам. При этом необходимо учитывать, что система БНК базируется на оптимизации параметрических (типоразмерных) рядов и методов конструирования, обеспечивающих межвидовую унификацию и взаимозаменяемость конструкций РЭС.

Основными требованиями, предъявляемыми к БНК РЭС, являются:

- размещение РЭС с минимальными потерями площади и объема;
- соответствие изделий требованиям отечественных и международных стандартов по конструктивным и размерным характеристикам;
- размерная совместимость изделий различных уровней разукрупнения, а также наличие интерфейсов совместимости изделий, построенных в разных модульных сетках;
- размерная взаимозаменяемость изделий одного типоразмера в пределах одного уровня разукрупнения - ячейка, блочный каркас, шкаф (стойка);
- обеспечение современных требований по технической эстетике, эргономике и безопасности РЭС

Остановимся на важнейших из этих требований более подробно:

Размещение РЭС с минимальными потерями площади и объема. Речь идет о рациональном размещении элементов на печатной плате (ячейке), ячеек в блочном каркасе (вставном блоке), блочных каркасов в шкафу (стойке, пульте), шкафов на подводной лодке. Решение в данном случае одно - применение принципа размерно-модульной координации, которая проявляется двумя стандартизуемыми характеристиками: размерностью модуля и рядом размерных чисел (шагов). В отечественной практике большинство БНК были построены на следующей системе размерных модулей 2.5, 5 и 20 мм. В международной практике наиболее развита так называемая «дюймовая» система с модулем в 2.54

мм (1 дюйм). Однако все более широко начинает внедряться «метрическая» система с модулями 0,5, 5 и 25 мм, представленная на рисунке 9.

Практика показала, что наиболее жизнеспособными являются так называемые «сквозные» модульные системы, в которых на основе единого модульного шага разрабатываются изделия электронной техники (ИЭТ), печатные платы, ячейки, блочные каркасы, корпуса приборов, шкафы и т.п.

При этом приходится констатировать, что инициатива в данном направлении исходит от органов международной стандартизации. Так, стратегический план деятельности ТК48 МЭК, принятый на заседании в г. Хьюстоне (октябрь 1998 г.) предусматривает дальнейшее развитие стандартизации БНК, построенных на основе модульного принципа конструирования, в тесной взаимосвязи с разработками других комитетов: ТК91 «Технология электронных узлов», ТК74 «Безопасность и экономичность оборудования» и др. Определенное, хотя и недостаточное, внимание данной проблеме уделяет и руководство Российского Агентства по системам управления (РАСУ).

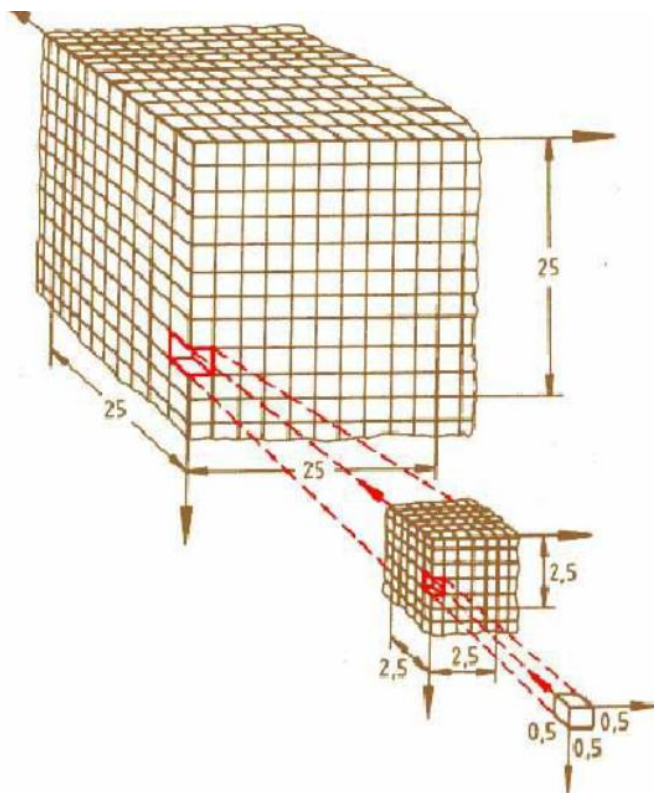


Рисунок 9- Метрическая система размерно-модульной координации

И, если в 50-60 годы были определены принципы модульного построения РЭС и разработаны одни из первых в стране унифицированные модули, в 70-80 годы комплекс работ по унификации БНК позволил сократить номенклатуру в несколько раз, в 90-е годы была разработана принципиально новая современная система БНК, то в настоящее время средства выделяются только на поддержание системы нормативно-технической документации.

Соответствие изделий требованиям отечественных и международных стандартов. Здесь, в первую очередь, хочется остановиться на коренных отличиях в системах стандартизации. [14] Так комплексы международных стандартов МЭК основываются исключительно на добровольности их применения. Стандарты не регламентируют собственно конструкцию, лишь рекомендуют при разработке обеспечивать взаимозаменяемость за счет выдерживания определенных размеров. Тем не менее, конструктивы разных компаний и стран полностью совместимы. Очевидно, что решающими факторами здесь являются экономические.

Возможность широкого использования международной кооперации оказалась более экономически целесообразней, чем «натуральное хозяйство», до последнего времени процветающее в нашей стране. Ведь и сейчас целый ряд отраслей, ведомств и крупных предприятий держатся за свои давно морально устаревшие конструктивы. Сейчас в стране используется более 200 видов БНК, причем объем выпуска их подавляющего числа составляет единицы штук в год. Все эти БНК регламентированы стандартами (государственными, отраслевыми, предприятий), несоблюдение которых до последнего времени «преследовалось по закону».

Сложившейся ситуацией воспользовались иностранные фирмы - производители БНК. Отечественный рынок буквально захлестнули конструктивы таких фирм, как Rittal, Schroff и других. Приходится констатировать, что высокопроизводительное оборудование, современные технологии и материалы и, самое главное, совместимость и взаимозаменяемость конструктивов позволили

данным компаниям практически полностью взять под контроль российский рынок БНК общепромышленного назначения. Попытки целого ряда отечественных производителей БНК противостоять этому в большинстве случаев не увенчались успехом из-за высокой цены и низкого качества продукции.

Выход видится только в объединении усилий всех заинтересованных предприятий по разработке и организации централизованного производства БНК. В противном случае скоро и рынок БНК для аппаратуры спецприменения будет безвозвратно отдан импортерам.

Первым шагом должно являться дальнейшее совершенствование системы стандартизации и ее полная гармонизация с международными стандартами. На рисунке 10 представлены результаты анализа соответствия действующих отечественных и международных стандартов.



Рисунок10- Соответствие отечественных и международных стандартов на БНК

Примечание:

МЭК 60297 «Механические конструкции для электронного оборудования»

МЭК 60917 "Модульный принцип построения базовых несущих конструкций для электронного оборудования"

МЭК 60587:2007 "Материалы электроизоляционные.

МЭК 61969-2(2000) «Механические конструкции для электронного оборудования.

ГОСТ 28601.2-90 «Система несущих конструкций серии 482,6 мм.»

ГОСТ Р 50756.3-2001 «Конструкции несущие базовые третьего уровня радиоэлектронных средств.»

Как видно из рисунка, в части конструктивов в мире применяются две равноправных системы построения БНК - дюймовая и метрическая. Дюймовая система (серия стандартов МЭК 60297-механические конструкции), полностью сформировавшаяся к 1984 году, в настоящее время наиболее широко распространена. Конструктивы этой системы широко используются в РЭС, наиболее «продвинутые» интерфейсы VME, VXS построены на их основе, имеется оснащенное производство, налажена реклама и реализация. Поэтому данная система будет существовать достаточно долго.

Достоинства данной системы достаточно широко разрекламированы и в нашей стране, поэтому в первую очередь хочется сказать о недостатках.

Важнейшим из них является недостаточная прочность блочных каркасов, причем регламентируемые стандартами размерные соотношения не позволяют решить эту проблему. Испытания показывают, что толщина горизонтального профиля каркасов - не более 10 мм, и торцевой способ его крепления с боковой стенкой - торцом делает невозможным использование данного конструктива в РЭС, к которому предъявляются даже не самые жесткие требования по механической прочности.

Вторым существенным недостатком является недостаточная величина так называемого «контактного поля». Иначе говоря, количества контактов разъемов серии МЭК 60603, совместимых с конструкциями по МЭК 60297 не хватает для

современных высокопроизводительных интерфейсов, таких как Compact PCI. [15]

Начиная с 1990-х годов МЭК выпустила целый ряд стандартов серии 60917-метрических. Технические решения, предлагаемые данными стандартами, являются гораздо более совершенными, поэтому начиная с 2000 года началось фактическое слияние двух систем. В новую серию дюймовых стандартов (МЭК 60297-5-100...107) включены метрические элементы заземления, экранирования, механического кодирования. Данная серия наряду с разъемами дюймового шага выводов (МЭК 60603) предполагает использование разъемов метрического шага (МЭК 61076). Из «метрических» стандартов заимствовано и двухсторонняя (передняя плюс задняя) установка ячеек.

Таким образом, прослеживается тенденция слияния двух систем построения БНК, а поскольку метрическая система является более современной и обеспечивает возможность встраивания в свои конструктивы конструктивов дюймовой системы более низкого уровня (ячеек в блочные каркасы, каркасов в шкафы), для отечественной системы построения БНК она видится более перспективной.

Именно по этому пути пошло предприятие ОАО «Авангард» при разработке системы Государственных стандартов РФ на БНК рисунок 11.

2.2 Анализ корпусов российского производства

2.2.1 Разработка конструктивов приборных корпусов на предприятии ОАО «Авангард»



Рисунок 11 - Шкаф «Авангард»

Данный комплекс стандартов, разработанный под руководством Главного конструктора БНК П.И. Овсищера полностью соответствует стандартам МЭК 60917. Однако из рисунка 10 видно, что гармонизация отечественных и зарубежных стандартов не завершена. В настоящее время в ОАО «Авангард» совместно с Госстандартом и Российской комиссией экспертов (РКЭ) подкомитета (ПК48D) проводится комплекс работ по дальнейшему развитию системы ГОСТов на БНК. [14]

Уровни разукрупнения РЭС и, соответственно, БНК регламентированы ГОСТ РФ 26632-85. Система построения БНК, разрабатываемых при головной роли ОАО «Авангард» согласно МЭК 60917 и ГОСТ Р50756 представлена на рисунке 12, при этом необходимо отметить, что эти стандартные конструктивы прошли полный цикл испытаний и обеспечивают прочность и стойкость аппаратуры к механическим и климатическим воздействиям в соответствии с КТС «Мороз-6» для наземных и морских носителей.

Technical drawing of a metal cabinet (Fig. 1) showing dimensions and exploded view. The main cabinet has dimensions: width a , depth b , height H , and base height h . The exploded view shows the internal structure with dimensions: width a , depth b , height H , and base height h . The exploded view also shows the internal structure with dimensions: width a , depth b , height H , and base height h .

46

Таблица 7- размеры БНК 3 уровня

БНК 3	Размеры, мм				
B	500	600			
B ₁	400	500			
L	500	300	400	500	600
H	600...2000 через 200	2600		600...2000 через 200	
H ₁	H-250				

Так дюймовые ячейки, представленные на рисунке 13с печатными платами 3U (высотой 100 мм.) и 6U (233,35 мм.) могут при незначительных доработках направляющих блочных каркасов устанавливаться на место метрических ячеек с печатными платами 3U (высотой 115 мм.) и 6U (265 мм.). Размеры по глубине совпадают. Аналогичная ситуация с блочными каркасами и шкафами, представленными на рисунке 14 - дюймовые конструктивы имеют меньший размер по ширине.

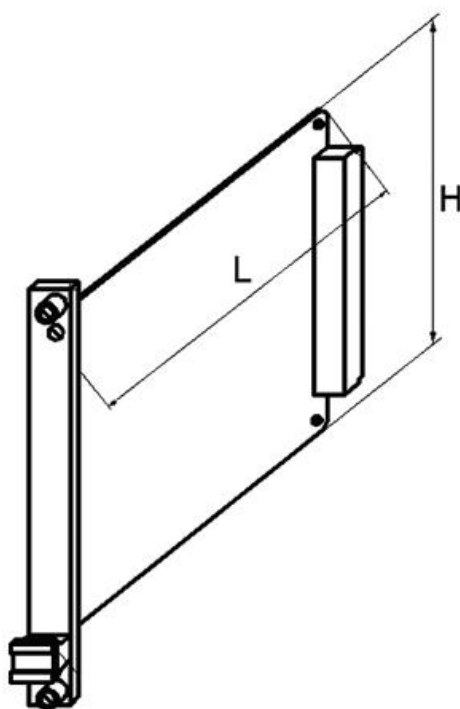


Рисунок 13- Дюймовые ячейки

Высота (H) и длина (L) ячейки (рисунок 13). Значения высоты H: 115, 170, 265, 365, 415, 565 мм. Под высотой понимается сторона ячейки, на которой

установлен электрический соединитель. Длина ячейки(L) определяется глубиной БНК 2 (БНК 3), в которую она устанавливается.

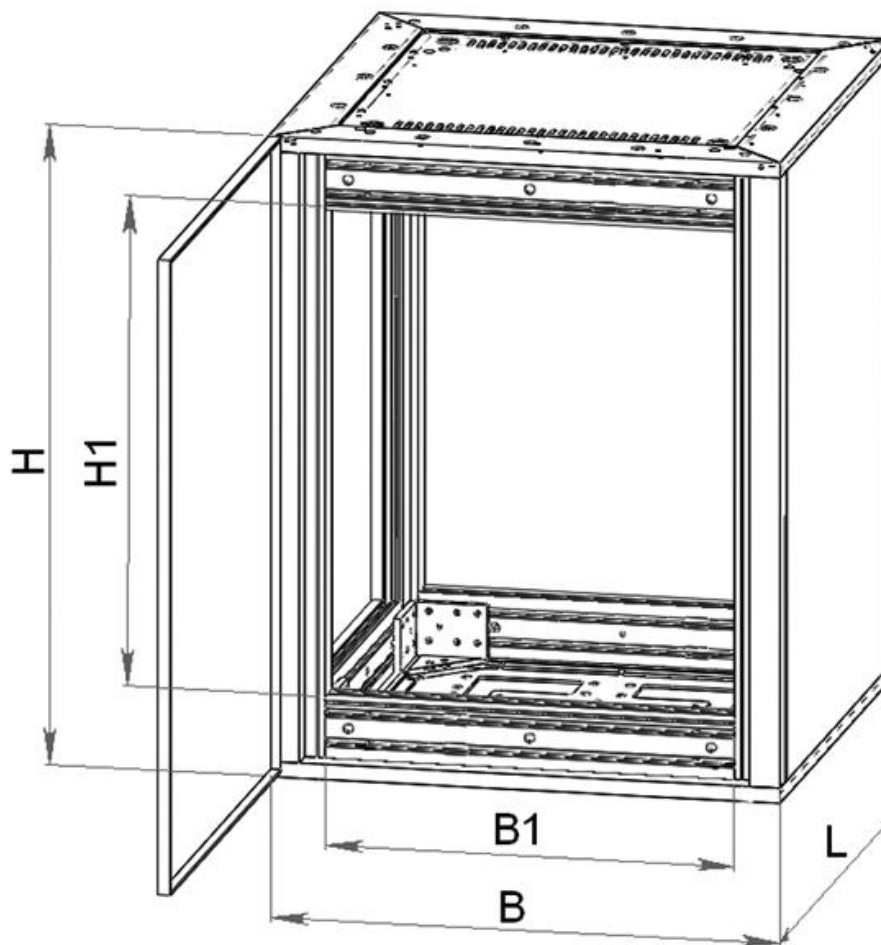


Рисунок 14- Шкаф

В настоящее время из-за недостаточного финансирования ход работ по дальнейшему развитию БНК существенно замедлился. Так, разработанная «Межотраслевая программа унификации, стандартизации и развития БНК на 2001-2005 гг.» не была утверждена. Поэтому заинтересованным предприятиям приходится рассчитывать лишь на свои силы. Инструментом для решения данной задачи является сформированной в 2000 г. Межотраслевой Совет Главных конструкторов (МСГК) по БНК, в состав которого вошли ведущие специалисты более 70 предприятий и организаций промышленности, Заказчика, Госстандарта. МСГК проводится большая работа по определению стратегических путей развития БНК, анализу новых разработок, управлению системой нормативно-технической документации.

Результатом этой работы явились, например, разработка, изготовление, испытания и включение в систему ГОСТ БНК для подводной морской аппаратуры разработки ОАО «Авангард» в 2002 г. и экранированной сейсмостойкой БНК разработки НИИ Автоматической аппаратуры в 2003 г.

Главным недостатком шкафов ОАО «Авангард» является, то что они больше размеров люка. Они не проходят в отверстие. Многоэтажных шкафов не конструируется из-за этого недостатка. В основном проектируются одноэтажные шкафы.

2.2.2 Разработка конструктивов приборных корпусов на предприятии АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР»

Среди наиболее часто используемых конструктивов, разработанных на предприятии, можно выделить шестизэтажную стойку, для размещения аппаратуры в прочном корпусе (Рисунок 15) и гермоблок, для размещения аппаратуры в капсуле (Рисунок 16).

Приборная стойка, выполнена в виде вертикального шкафа. На корпусе стойки винтами крепятся две верхние, задняя и боковые крышки. Передняя крышка откидывается на петлях и прикреплена к корпусу (в закрытом состоянии) винтами или специальными заклепками. В крышках проложен резиновый шнур, который обеспечивает уплотнение с корпусом.

Модули вставляются в прибор спереди. Коммутация связей с прибором осуществляется с помощью врубных соединителей типа РП10 и ГРПМ, расположенных на задних стенках модулей. Каждый из модулей представляет собой литую рамку с установленными в ней электроэлементами. В приборе модули фиксируются ловителями, установленными на задней стенке рамки и невыпадающими винтами, расположенными на лицевой панели модуля.

Корпуса приборов выполнены из листового алюминиевого сплава.

Габаритные размеры приборов 480х473х1805. масса приборов 90 кг.

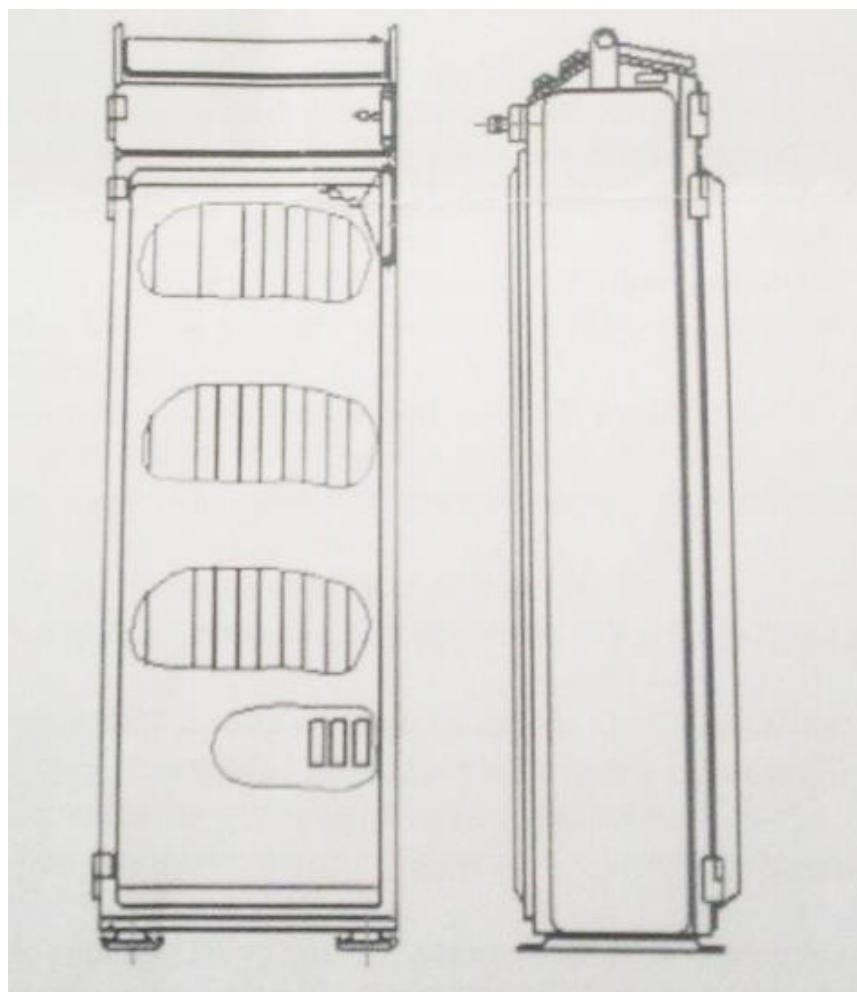


Рисунок 15 - Приборная стойка

Корпус гермоблока выполнен в виде литого корпуса-обечайки с двумя крышками. Крышки гермоблоков имеют ребристую поверхность с целью увеличения поверхности охлаждения блока. В крышки гермоблока установлены резиновые кольца, которые обеспечивают уплотнение с корпусом. Крышки крепятся к корпусу болтами по всему периметру корпуса.

Гермоблоки укомплектованы в основном модулями 1-го уровня, которые электрически соединяются с внутренним монтажом блока через разъёмы типа СНО.

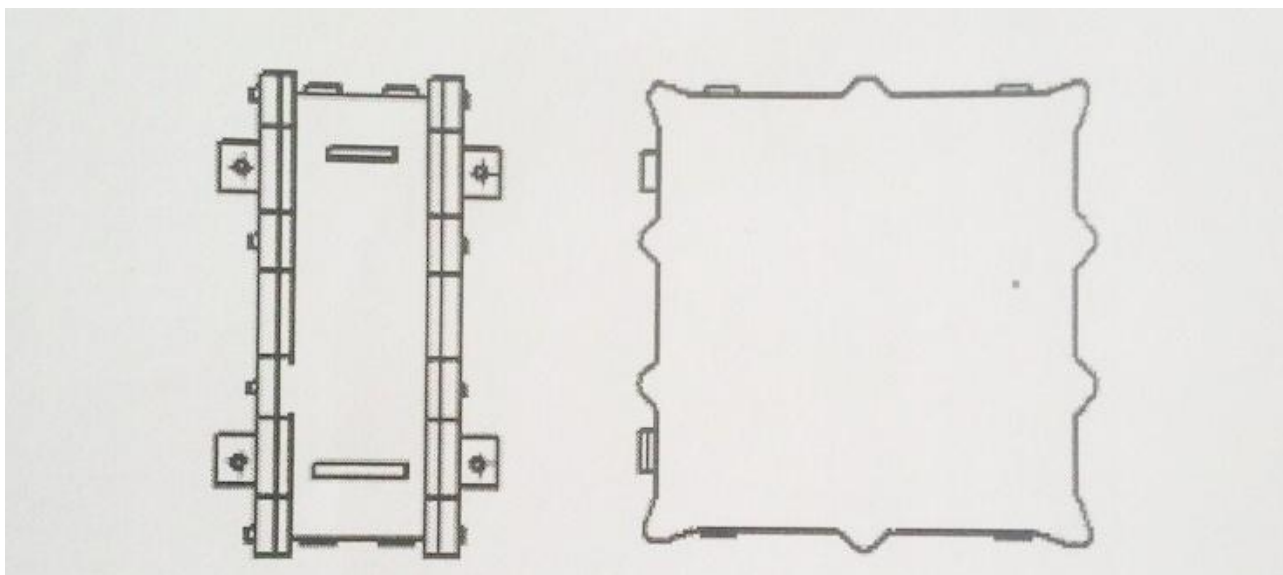


Рисунок 16- Гермоблок

На верхнем и нижнем торцах гермоблока установлены разъемы, служащие для соединения гермоблока с внешней кабельной сетью.

На заднем торце корпуса приварены 2 планки с четырьмя отверстиями, служащие для установки гермоблока на специальной алюминиевой раме. Рама прикреплена в вертикальном положении к стенке гермоблочной капсулы объекта.

Размеры гермоблока по корпусу - 160x345x360. По присоединительным планкам - 198x345x360.

Основные недостатки конструкций.

Основными недостатками конструкций приведенных выше корпусов можно считать:

- Высокая материалоемкость конструкций.
- Значительные массогабаритные размеры.
- Высокая трудоемкость конструкции.

Разработка новых конструктивов приборных корпусов.

Предприятие предлагает разработку новых шкафов, которые соответствуют всем требованиям, указанным в ТЗ.

Для проектирования аппаратуры, размещаемой в прочном корпусе, разработан многоэтажный шкаф высотой 33U, представленный на рисунке 17.

По виду системы охлаждения шкаф может быть выполнен в трех вариантах:

- Воздушно-жидкостной (принудительная циркуляция воздуха внутри БНК-3 с охлаждением в водяном теплообменнике). Расход воды на 1 прибор при гидравлическом сопротивлении 0,086 кг/см² составляет 400 кг/час. Габаритные размеры шкафа ширина * высота * глубина - 530*1836*518 мм.

- Воздушный автономный (принудительная конвекция воздуха, циркулирующего внутри БНК-3). Габаритные размеры шкафа ширина * высота * глубина - 530*1826*445 мм.

- Воздушный централизованный (принудительная конвекция воздуха, поступающего от внешнего источника). Габаритные размеры шкафа ширина * высота * глубина - 530*1859*435 мм.

Многоэтажный приборный шкаф состоит из следующих составных частей:

- приборного модуля;
- борновой коробки;
- основания;
- охладителя (в случае воздушно-жидкостной системы охлаждения).

Масса шкафа без каркасов с электронными модулями и охладителя = 95 кг.

Приборный модуль выполнен в виде прямоугольной конструкции с передней крышкой на петлях, оснащенной десятью быстрооткрывающимися замками. Внутри приборного модуля на боковых стеках спереди и сзади установлены по два вертикальных угольника. К угольникам крепятся направляющие для установки каркасов с электронными модулями и платы с вентиляторами, а также перегородки для прокладки электрического монтажа. Глубина шкафа 356мм, что позволяет устанавливать рейты глубиной как 175 мм (для плат шириной 160мм) так и 235 мм(для плат шириной 220 мм)



Рисунок 17- Многоэтажный шкаф

Крепление крейтов производится спереди винтами к втулкам, закрепленных на передних вертикальных угольниках. Сзади для фиксации крейтов установлены скобы с втулками для ловителей.

Внутренний электромонтаж осуществляется с помощью накидных соединителей, подключаемых к ответным частям, размещенным на лицевых панелях электронных модулей. Электромонтажные жгуты прокладываются по перегородкам и по вертикальным желобам, образованным боковыми стенками модуля шкафа и выводятся через окно в верхней части корпуса приборного модуля в камеру борновой коробки. Далее они подводятся к соединителям подключения внешней кабельной сети.

Для установки элементов индикации и управления на передней плоскости борновой коробки приборного модуля установлена панель.

Амортизация шкафа производится с помощью четырех тросовых виброизолятора, два из которых закреплены на днище основания (рисунок 18), а другие два на задней стенке борновой коробки или охладителя (в случае воздушно-жидкостной системы охлаждения) в верхней части (рисунок 19).

Вид виброизоляторов рассматривался в первой главе.

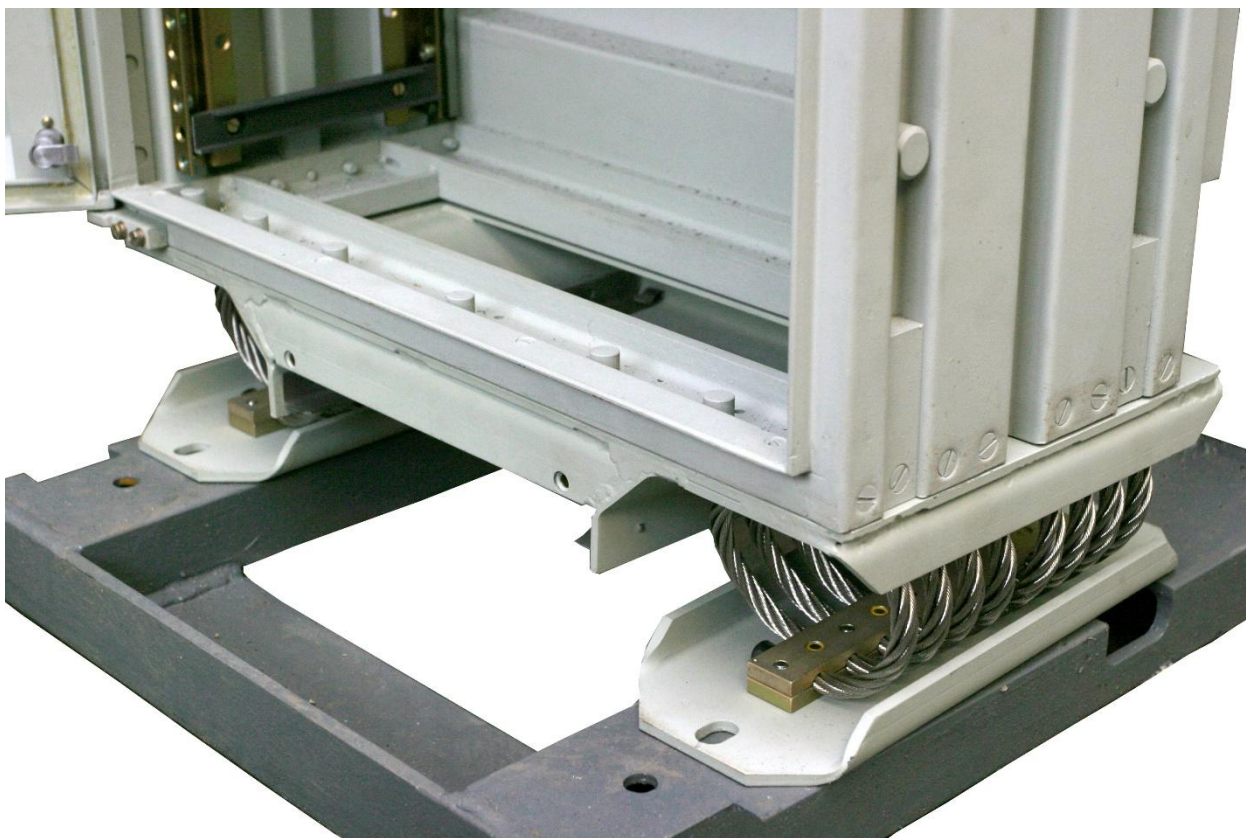


Рисунок 18 - Виброизоляторы на днище основания

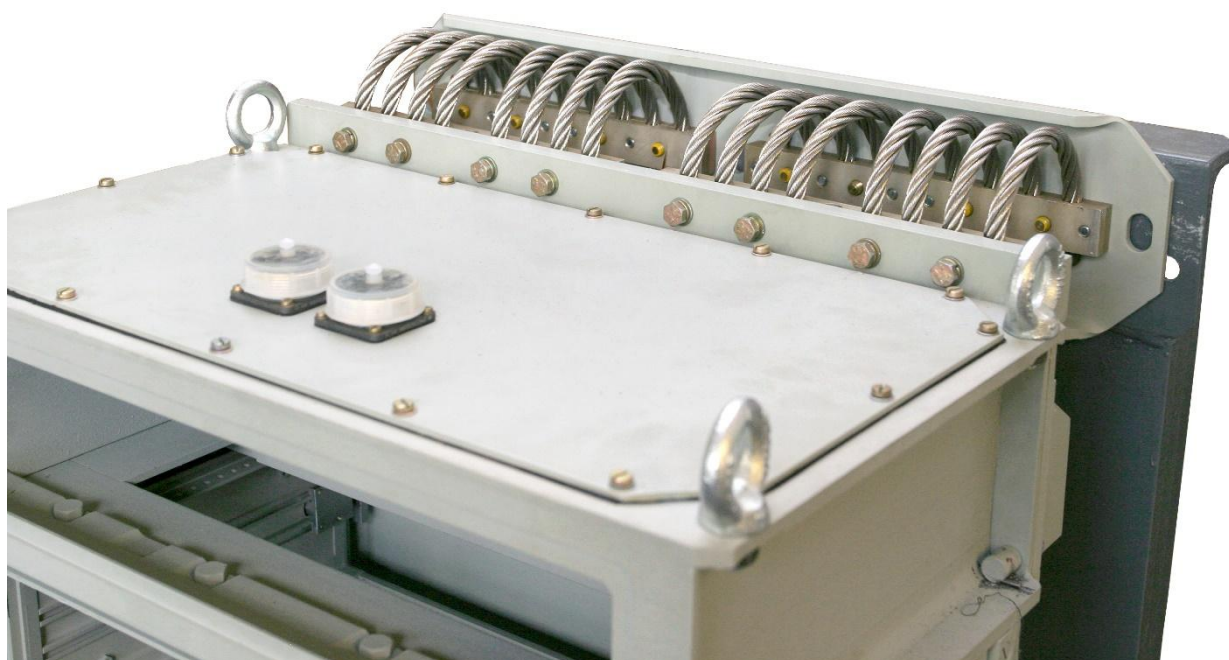


Рисунок 19 - Виброизоляторы в верхней части конструкции

Для обеспечения межприборных связей на верхней плоскости борновой коробки установлена крышка, позволяющая установить до 32 соединителей типа 2РМДТ32.

Один этаж шкафа позволяет установить максимально 21 электронный модуль с шириной передней панели 20 мм (рисунок20).



Рисунок20 - Размещение модулей на уровне

Для проектирования аппаратуры, размещаемой в капсуле, разработан одноэтажный гермошкаф с естественным кондуктивным охлаждением со съемной передней крышкой, показанный на рисунке 21. Он используется вместо старого гермоблока последние 5 лет.

Габаритные размеры гермошкафа ширина * высота * глубина - 476*372*330 мм. что позволяет без дополнительной разборки загружать его в люк диаметром 594 мм.

Гермошкаф, состоит из следующих составных частей:

- корпус для размещения электронных модулей;
- монтажная рама;
- съемная крышка.

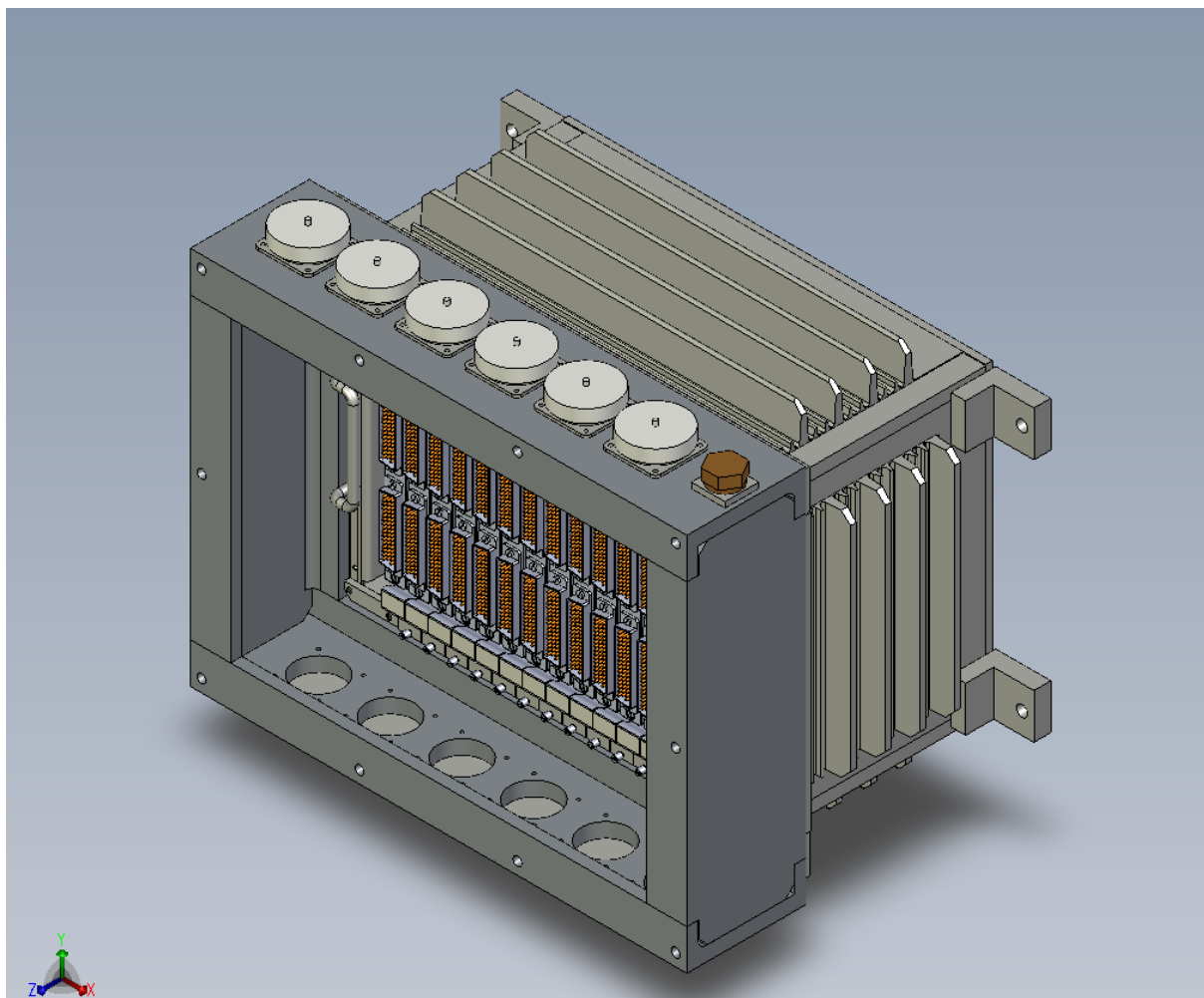


Рисунок 21 - Гермошкаф

Масса гермошкафа без электронных модулей составляет ~ 40 кг, с электронными модулями ориентировочно 55 кг, поэтому предлагается в качестве типового элемента замены принять электронный модуль из-за трудности замены всего шкафа (большая масса, малая ширина проходов для выгрузки из капсулы).

Гермошкаф позволяет установить максимально 13 электронных модулей с шириной передней панели 20 мм, при этом предусмотрено 2 крайних посадочных места слева и справа для прокладки монтажных жгутов или установки технологических кроссплат.

В связи с тем, что изготовленные шкафы удовлетворяют всем требованиям аппаратуры морской техники, группы стандартов «Евромеханика» и прошли испытания по проверке прочности при воздействии синусоидальной вибрации и механических ударов одиночного действия, продолжается формирование модульного ряда этих шкафов, а именно разрабатывается ряд модификаций многоэтажного шкафа с уменьшением его высоты и гермошкафа, с увеличением количества размещаемых в нем модулей.

2.3 Выводы

В мире существует две системы построения дюймовая и метрическая. Эти системы взаимозаменяемы. Дюймовая система широко распространена, но имеет ряд недостатков. Метрическая система является более современной и обеспечивает возможность встраивания в свои конструктивы конструктивов дюймовой системы более низкого уровня.

По тому пути пошло предприятие АО «АВАНГАРД». габаритные и присоединительные размеры обеспечивают совместимость с аналогичными конструктивами дюймовой системы при незначительных потерях полезного объема, т.е дюймовые ячейки могут устанавливаться на место метрических ячеек. Аналогичная ситуация с блочными каркасами и шкафами.

Шкафы, разрабатываемые на предприятии слишком велики и не подходят под диаметр люка. Поэтому многоэтажных шкафов они не разрабатывают. В основном одноэтажные. Этим они и отличаются от предприятия АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР», который в свою очередь разрабатывает многоэтажные шкафы, которые проходят в отверстие люка и удовлетворяют всем требованиям морской техники, группы стандартов «Евромеханика».

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ 1 УРОВНЯ

Модуль питания многоплатная конструкция. Весь блок питания состоит из 3-4 плат. В качестве объекта разработки проводится проектирование одно-платного модуля коммутатора питания.

ЧТЗ на входящие в изделие модули формируется на основе ТЗ изделия. В нем определяются: условия эксплуатации, серийность выпуска, условия размещения печатной платы в изделии и способа ее крепления, габаритно-установочные размеры, вид электрической коммутации платы с выносными ЭРЭ и другими узлами и т. п. ЧТЗ совместно со схемой электрической принципиальной и перечнем элементов являются основным документом для разработки конструкции устройства.

Исходными данными для проектирования модуля коммутатора питания являются:

- Схема электрическая принципиальная (рисунок 22);
- Перечень элементов (рисунок 23.1, 23.2, 23.3);

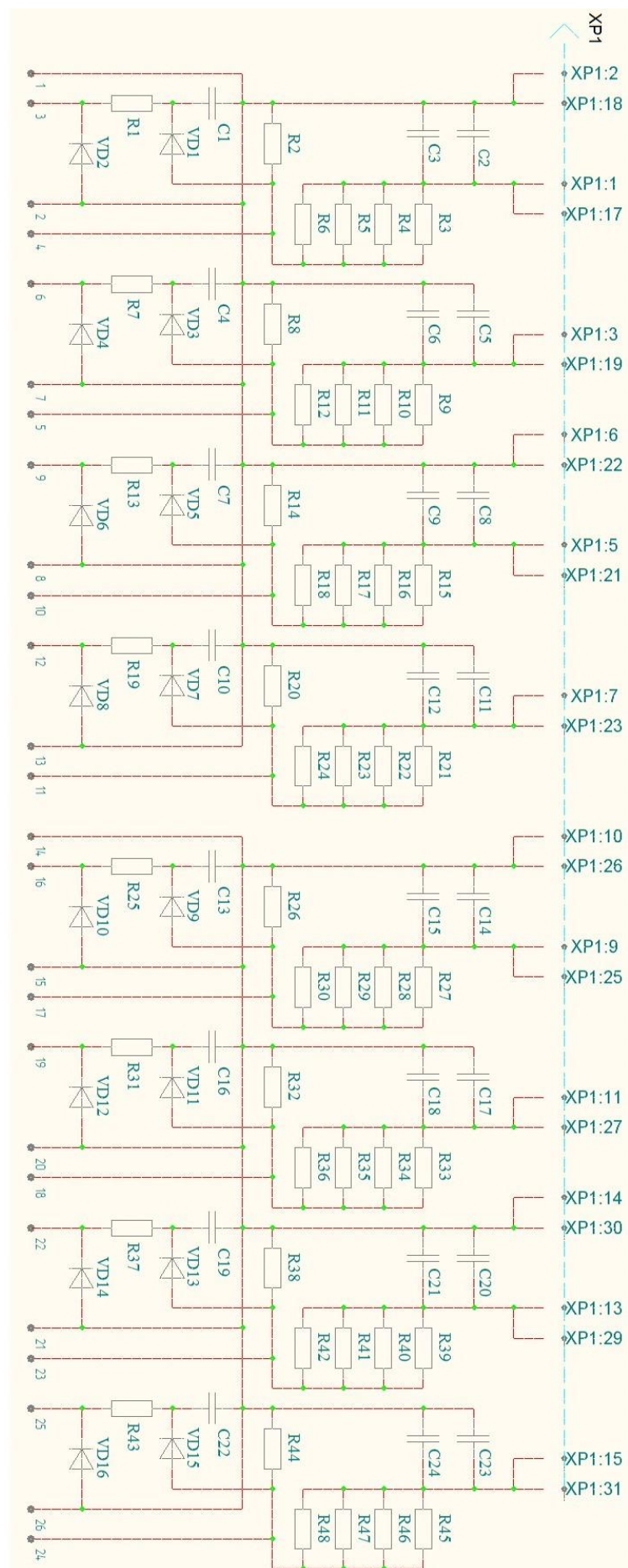


Рисунок 22- Схема электрическая принципиальная

Перв. примен.	Справ. №	Поз.обоз- начение	Наименование	Кол.	Примечание		
		C1	Конденсатор K10-47a-100 B-0,022мкФ+-20%-H30	1			
			ОЖ0.460.174ТУ				
		C2, C3	Конденсатор K78-26-1000 B-0,0039 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ	2			
		C4	Конденсатор K10-47a-100 B-0,022мкФ+-20%-H30	1			
			ОЖ0.460.174ТУ				
		C5, C6	Конденсатор K78-26-1000 B-0,0039 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ	2			
		C7	Конденсатор K10-47a-100 B-0,022мкФ+-20%-H30	1			
			ОЖ0.460.174ТУ				
		C8, C9	Конденсатор K78-26-1000 B-0,0039 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ	2			
		C10	Конденсатор K10-47a-100 B-0,022мкФ+-20%-H30	1			
			ОЖ0.460.174ТУ				
		C11, C12	Конденсатор K78-26-1000 B-0,0039 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ	2			
		C13	Конденсатор K10-47a-100 B-0,022мкФ+-20%-H30	1			
			ОЖ0.460.174ТУ				
		Подп. и дата	Инв. № дубл.	C14, C15	Конденсатор K78-26-1000 B-0,0039 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ	2	
C16	Конденсатор K10-47a-100 B-0,022мкФ+-20%-H30			1			
	ОЖ0.460.174ТУ						
C17, C18	Конденсатор K78-26-1000 B-0,0039 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ			2			
C19	Конденсатор K10-47a-100 B-0,022мкФ+-20%-H30			1			
	ОЖ0.460.174ТУ						
C20, C21	Конденсатор K78-26-1000 B-0,0039 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ			2			
C22	Конденсатор K10-47a-100 B-0,022мкФ+-20%-H30			1			
	ОЖ0.460.174ТУ						
C23, C24	Конденсатор K78-26-1000 B-0,0039 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ			2			
Взам. инв. №	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						
		Инв. № подл.	Подп. и дата				
Инв. № подл.	Подп. и дата						

Разрабатываемый модуль коммутатора питания в дальнейшем будет размещен в базовой несущей конструкции. При разработке аппаратуры необходимо учитывать следующие общие требования:

- Особая продолжительность эксплуатации и необходимость постепенной модернизации.
- Работа в помещении с нормальными климатическими условиями: температурой $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$, относительной влажностью $(65 \pm 15)\%$, атмосферным давлением (1033 ± 30) гПа.
- Отсутствие механических перегрузок во время работы.
- Хранение в складских условиях в климатических зонах изготовителя и потребителя.
- Высокая ремонтпригодность при ремонте на месте установки.
- Ограничения на габариты и массу, определяемые удобством транспортирования, выгрузки, передвижения внутри помещения и т. п.

К частным требованиям можно отнести:

- Модуль коммутатора питания должен быть сконструирован в виде отдельной платы с электроэлементами.
- На передней планке предусмотреть лепестки заземления.
- Габаритные размеры конструкции модуля коммутатора питания должны быть 233×160 .
- Предусмотреть возможность крепления модуля коммутатора питания в приборе.

3.1 Расчет показателей надежности модуля коммутатора питания

Надёжность является одной из составляющих качества изделия. Она характеризует свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в требуемых пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Любое радиоэлектронное устройство характеризуется безотказностью и долговечностью.

По ГОСТ 27.002-87 безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния.

В качестве показателя безотказности примем среднюю наработку на отказ; в качестве показателей долговечности – средний ресурс и средний срок службы.

Порядок выполнения расчета безотказности аппаратуры. Расчеты безотказности аппаратуры включает в себя несколько этапов расчета.

Расчет безотказности ЭРИ, приведенный к условиям эксплуатации в составе конкретной аппаратуры

Расчет проводится в предположении, что:

отказы ЭРИ являются внезапными и представляют собой случайные события;

интенсивность отказов ЭРИ не зависит от времени, то есть имеет место стационарность потока отказов, который определяется одним параметром распределения - интенсивностью отказов $\lambda = \text{const}$.

Источником информации о безотказности комплектующих ЭРИ является справочник «Надежность электрорадиоизделий» издания ФГУП «22 ЦНИИИ

МО РФ» 2006 г., который является официальным изданием Министерства обороны и отраслей промышленности.[16]

Обобщенная математическая модель для расчета эксплуатационной интенсивности отказов λ каждого из ЭРИ имеет вид

$$\lambda = \lambda_6 \cdot K_p \cdot K_3,$$

где λ_6 – базовая интенсивность отказов типа ЭРИ, приведенная к условиям номинальной электрической нагрузки при температуре окружающей среды $+25^\circ\text{C}$. Значения λ_6 для основных типов ЭРИ приведены в справочнике;

K_p – коэффициент режима, учитывающий изменение λ_6 в зависимости от электрической нагрузки и температуры окружающей среды;

K_3 – коэффициент, зависящий от жесткости условий эксплуатации (для групп исполнения аппаратуры по ГОСТ РВ20.39.304-98).[1]

Температура окружающей среды и коэффициент нагрузки оказывают существенное влияние на безотказность и долговечность комплектующих элементов. В Справочнике «Надежность электрорадиоизделий» показано:

при температуре окружающей среды $+40^\circ\text{C}$ снижение коэффициента электрической нагрузки с 0,8 до 0,3 повышает безотказность полупроводниковых диодов в 4,9 раза, транзисторов в 3 раза, резисторов в 1,8 раза, конденсаторов в 9 раз;

при коэффициенте электрической нагрузки $K_n=0,4$ снижение температуры окружающей среды с $+70^\circ\text{C}$ до $+40^\circ\text{C}$ повышает безотказность полупроводниковых диодов в 1,6 раза, транзисторов в 1,46 раза, резисторов в 1,4 раза, конденсаторов в 3 раза.

При расчете эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ температура окружающей среды и коэффициенты электрической нагрузки выбираются из комплекта карт правильности применения электрорадиоизделий, разрабатываемого в соответствии с требованиями РД В.319.01.09-94.[16] Если разработка комплекта карт правильности применения ЭРИ в аппаратуре не предусматривается рекомендованные коэффициенты электрической нагрузки ЭРИ выбираются из «Дополнения Ц12-85 к НТД на изделия электронной техники»:

ИМС – облегченные режимы по ТУ;
полупроводниковые приборы – по мощности не более 0,5;
конденсаторы – суммарное воздействие переменной и постоянной составляющей – не более 0,5;
резисторы – по мощности – не более 0,5;
трансформаторы, дроссели – по току – не более 0,7.

Результаты расчетов эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ используются при расчете безотказности составных частей изделия (модуля, блока, прибора).

Расчет безотказности составных частей. Исходными данными для расчета безотказности составной части является перечень элементов.

Обобщенная математическая модель для расчета интенсивности отказов устройства имеет вид

$$\lambda = \sum_{i=1}^n (m \lambda_i),$$

где λ_i – интенсивность отказов i -го элемента, $\frac{1}{ч}$;

m – Количество элементов i -го типа;

n – Количество типов элементов.

При расчетах интенсивности отказов функционально законченных устройств (модулей, блоков, приборов) используется автоматизированная система расчета надежности (АСРН), изд. ФГУП «22ЦНИИ МО РФ», 2006 г., разработанная на базе справочника «Надежность электрорадиоизделий».[16] АСРН позволяет рассчитывать суммарную интенсивность отказов устройства без учета резервирования, укомплектованного ЭРИ отечественного и иностранного производства. Расчет может осуществляться для режимов эксплуатации и хранения в составе подвижных и неподвижных объектов.

Результаты расчета безотказности устройства используются при расчете безотказности изделия, в котором устройство применяется. Полученное значение средней наработки на отказ

$T_0 = \frac{1}{\lambda}$ заносится в технические условия на устройство в качестве показателя безотказности.

Результат расчета безотказности устройства приведен в таблице.

Таблица 8

Режим: Эксплуатация

Условия: группа 2.1.1, 2.1.2, 2.3.1, 2.3.2

Температура окружающей среды, °C: 40

Расчетная интенсивность отказов: $47,868 \cdot 10^{-7}$ 1/ч

Таблица 8- результат расчета безотказности устройства

Наименование	Кол, п шт.	$\lambda_6 \cdot 10^7$, 1/ч	$\lambda_3 \cdot 10^7$, 1/ч	$\lambda_3 \cdot 10^7 \cdot n$, 1/ч
Полупроводниковые приборы				
2Д212А	8	5,000	1,844	14,752
2Д522Б	8	0,490	0,187	1,497
Знакосинтезирующие индикаторы				
ЗЛ336К-К/ПО	1	1,700	0,131	0,131
Резисторы				
С2-33Н	8	0,710	0,398	3,181
С2-10	8	0,390	1,337	10,696
С2-10	16	0,390	0,468	7,487
С2-10	16	0,390	0,468	7,487
Конденсаторы				
К10-47а	1	0,470	0,169	0,169
К10-47а	1	0,470	0,169	0,169
К10-47а	1	0,470	0,169	0,169
К10-47а	1	0,470	0,169	0,169
К10-47а	1	0,470	0,169	0,169
К10-47а	1	0,470	0,169	0,169
К10-47а	1	0,470	0,169	0,169
К10-47а	1	0,470	0,169	0,169
К78-26	16	0,110	0,065	1,040
Соединители низкочастотные и радиочастотные				
СНП59	1	0,010	0,036	0,036
Платы с металлизированными сквозными отверстиями				
рппм	1	1,700Е-04	0,205	0,205

В результате расчета получено значение интенсивности отказов $\lambda = 47,868 \cdot 10^{-7}$ 1/ч, что соответствует средней наработке на отказ $T_0 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{47,868 \cdot 10^{-7}} \approx 200000$ ч.

Оценка долговечности устройства. Оценка долговечности устройства в ходе проектирования выполняется в соответствии с РД5Р.8294-87 «Оценка технического ресурса при проектировании» и определяется долговечностью элементной базы.

Источниками информации о показателях долговечности элементной базы являются:

- технические условия на ЭРИ;
- справочник «Надежность электрорадиоизделий».

Номенклатура примененных в устройстве комплектующих элементов отечественного производства приведена в таблице 9.

Таблица 9 – Номенклатура комплектующих элементов

ЭРИ	Минимальный срок сохраняемости, лет	95% ресурс, тыс. час.
3Л336К-К/ПО	25	120
2Д522Б	25	160
2Д212А	25	200
С2-33Н	25	100
С2-10	25	100
К10-47а	25	100
СНП59	15	130

Срок службы разработанного устройства будет определяться наименее долговечным элементом и составляет не менее 15 лет при среднем ресурсе не менее 100000 ч.

3.2 Конструкторский анализ ЭБ модуля коммутатора питания

Конструкторский анализ ЭБ состоит в определении массы, габаритных размеров и установочной площади ЭРЭ. Масса и габаритные размеры применяемых ЭРЭ влияют на выбор варианта и его места установки и способа его дополнительного крепления. Установочная площадь ЭРЭ S_i определяется из справочника и вычисляется по формуле:

$$S_i = 1,3 \times L \times B,$$

где L и B – длина и ширина ЭРЭ по установочным размерам, в соответствии с вариантом установки по ОСТ 4.010.030-81 «Установка навесных элементов на печатные платы».[17]

Результаты, полученные на основе анализа ЭБ, представлены в виде таблицы (Таблица 10):

Таблица 10 – Габаритно-установочные размеры ЭРЭ модуля коммутатора питания

Наименование и тип ЭРЭ	Кол-во, шт.	Габаритные размеры, мм.	Установочная площадь, мм ²	Масса, г
Диод 2Д212А	8	9х5	45	1,5
Диод 2Д522Б	8	3х1,5	4,5	0,6
Индикатор 3Л336К- К/ПО	1	5х8,7	43,5	
Резистор С2-33Н	8	17,5х6,5	113,75	0,25
Резистор С2-10-1	8	13х1	13	2,0
Резистор С2-10-2	32	18,5х1,5	27,75	3,5
Конденсатор К10-47а	8	7,5х5,0	37,5	
Конденсатор К78-26	16	20х11,5	230	4
Вилка СНП59	1	94х11	1034	

Расчет общей площади печатной платы ведется по следующей формуле:

$$S = S_R + S_C + S_{IN} + S_D + S_v$$

где S_R – площадь, необходимая для установки резисторов на ПП;

S_C – площадь, необходимая для установки конденсаторов на ПП;

S_{IN} – площадь, необходимая для установки индикатора на ПП;

S_D – площадь, необходимая для установки диодов на ПП;

S_v – площадь, необходимая для установки вилки на ПП;

В соответствии с данными таблицы 9 суммарная площадь, занимаемая ЭРЭ для модуля коммутатора питания равна 7355,5 мм².

Отсюда минимальная площадь монтажной зоны печатной платы, рассчитываемая по формуле:

$$S_p = \sum S / k_3,$$

где k_3 – коэффициент заполнения печатной платы. Поскольку переносная ЭРЭ характеризуется относительно малым коэффициентом заполнения, его величину выбираем $k_3 = 0,7$. С учетом указанного получаем, что S_p для модуля коммутатора питания равна 10507,8 мм².

Выбор типа печатных плат, их габаритов и материала основания

Учитывая, полученные на предыдущем этапе данные по S_p , а также по результатам анализа ЧТЗ геометрические размеры печатных плат для модуля коммутатора питания выбираем следующие $L = 233$ мм, $H = 160$ мм.

Материал основания ПП выбирается исходя из следующих соображений. Поскольку коммутатор питания является низкочастотным, рабочие напряжений электрического тока малы, климатические внешние воздействия нежесткие (в связи с тем, что платы с ЭРЭ дополнительно будут установлены в специальные металлические корпуса), то в качестве материала основания можно выбрать как фольгированный гетинакс, так и стеклотекстолит. Учитывая меньшее коробление, лучшую обрабатываемость, возможность металлизации отверстий и широ-

кое распространение, выбираем фольгированный стеклотекстолит марки МИ-1222.

Согласно ЧТЗ основание ПП должно быть жестким. Учитывая небольшие габариты платы, выбираем толщину основания 1,5 мм. Толщину фольги предварительно установим 35 мкм, при необходимости ее можно увеличить до 50 мкм.

3.3 Размещение электрорадиоэлементов на печатных платах

Размещение ЭРЭ на монтажной зоне ПП проводят, учитывая выбранные варианты установки электрорадиоэлементов, формовки их выводов, варианты разметки под монтажные отверстия и контактные площадки и придерживаясь определенных правил.

Задача размещения навесных элементов одна из многих в практике конструирования, которая допускает множество примерно равноценных решений и имеет итерационный характер. Ниже приведен ряд рекомендаций по размещению ЭРЭ на ПП общего порядка, которые являются обобщением опыта конструирования одно- и двухсторонних печатных плат:

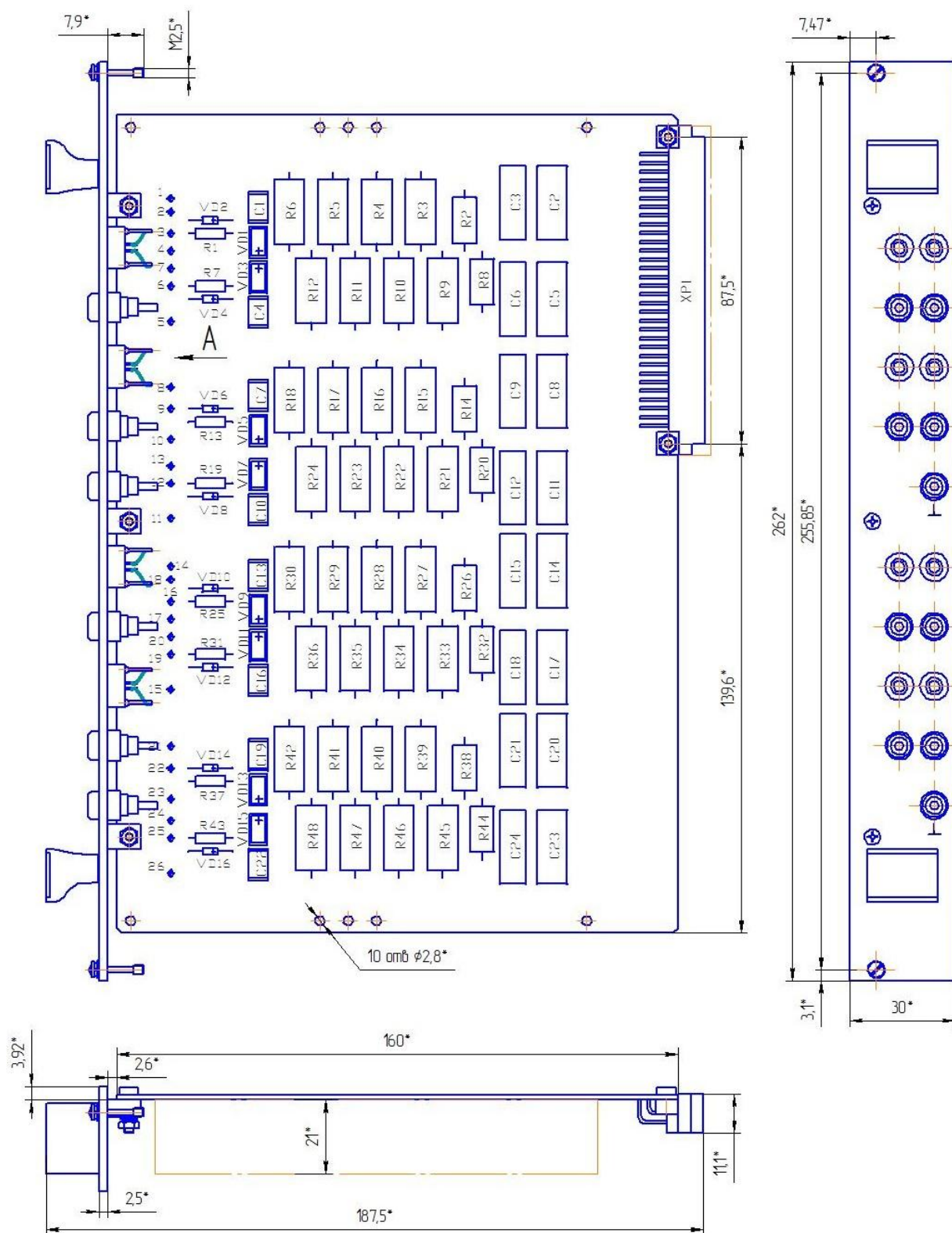
- ЭРЭ должны быть размещены так, чтобы печатные проводники, соединявшие элементы схемы, были наименьшей длины; число пересечений проводников должно быть минимальным. Выполнение этих требований, как правило, обеспечивает наиболее простую трассировку и малое взаимное влияние на электрические параметры;

- элементы рекомендуется устанавливать рядами параллельными сторонам ПП. Варианты установки многих элементов (резисторов, конденсаторов, транзисторов и др.) регламентированы отраслевыми стандартами. Требования этих документов необходимо соблюдать при конструировании;

- элементы регулировок и контрольные точки должны быть расположены так, чтобы к ним обеспечивался легкий и удобный доступ;

- для повышения ремонтпригодности следует предусматривать маркировку элементов;
- расположение внешних соединительных проводов должно обеспечивать перемещение и переворот печатной платы.

Вариант размещения ЭРЭ для модуля коммутатора питания приведен на Рисунке 24.



3.4 Трассировка печатных проводников

Следующим за размещением ЭРЭ на ПП этапом разработки электронных устройств на базе печатных плат является этап трассировки, то есть прокладки печатных проводников между контактными площадками в соответствии со схемой электрической принципиальной.

Ниже приведу ряд рекомендаций по трассировке печатных проводников общего порядка, которые являются обобщением опыта конструирования одно- и двухсторонних печатных плат:

Печатные проводники на печатной плате располагают:

- равномерно по площади платы;
- во взаимно перпендикулярных направлениях в разных слоях ПП (параллельно линиям координатной сетки);
- печатный проводник, проходящий между двумя КП, следует располагать так, чтобы его ось была перпендикулярна линии, соединяющей центры отверстий;

- для рационального формирования токопроводящего рисунка целесообразно печатные проводники и КП выполнять без резких перегибов и острых углов, так как это затрудняет технологию изготовления (печать, травление, пайку), а также приводит к концентрации механических напряжений при нагревании и отслаиванию проводников;

- если длина проводника более 70 мм, то целесообразно предусмотреть дополнительные КП (или металлизированные отверстия) для более надежного сцепления печатных проводников с основанием;

- допускается прокладка проводников под углом 45° для уменьшения длины проводника и снижения напряжений в углах при перегибе проводников;

- запрещается прокладка проводников под корпусами навесных элементов, когда между ними существует разность потенциалов. В противном случае увеличивается возможность коррозионного разрушения печатного проводника.

Переход проводника с одной стороны на другую должен осуществляться только через отверстия. Переходы через край не допустимы.

Печатные проводники, как правило, выполняются одинаковой ширины на всем их протяжении. До минимально допустимых значений проводники могут быть сужены на небольшой длине в узких местах и в местах перекрестий проводников различных слоев.

Ширина печатных проводников, с учетом протекающих токов, может быть различной, однако количество их типоразмеров стараются делать минимальным.

Рекомендуется не размещать проводники на минимально допустимом расстоянии от других печатных элементов. Расстояние от проводника до края платы (края выреза) должно быть не менее толщины платы с учетом допуска на габаритные размеры и позиционного допуска расположения печатного элемента, но не менее 1 мм.

В широких проводниках и экранах (шире 5 мм) необходимо делать перфорацию для избежания вспучивания фольги из-за газовыделения при пайке.

На рисунке 25.1 приведена топология печатных проводников на стороне монтажа ЭРЭ, а на рисунке 25.2 – на стороне установки ЭРЭ

Проектирование печатной платы: размещение электрорадиоэлементов и топология печатных проводников выполнялась в программе P-CAD.

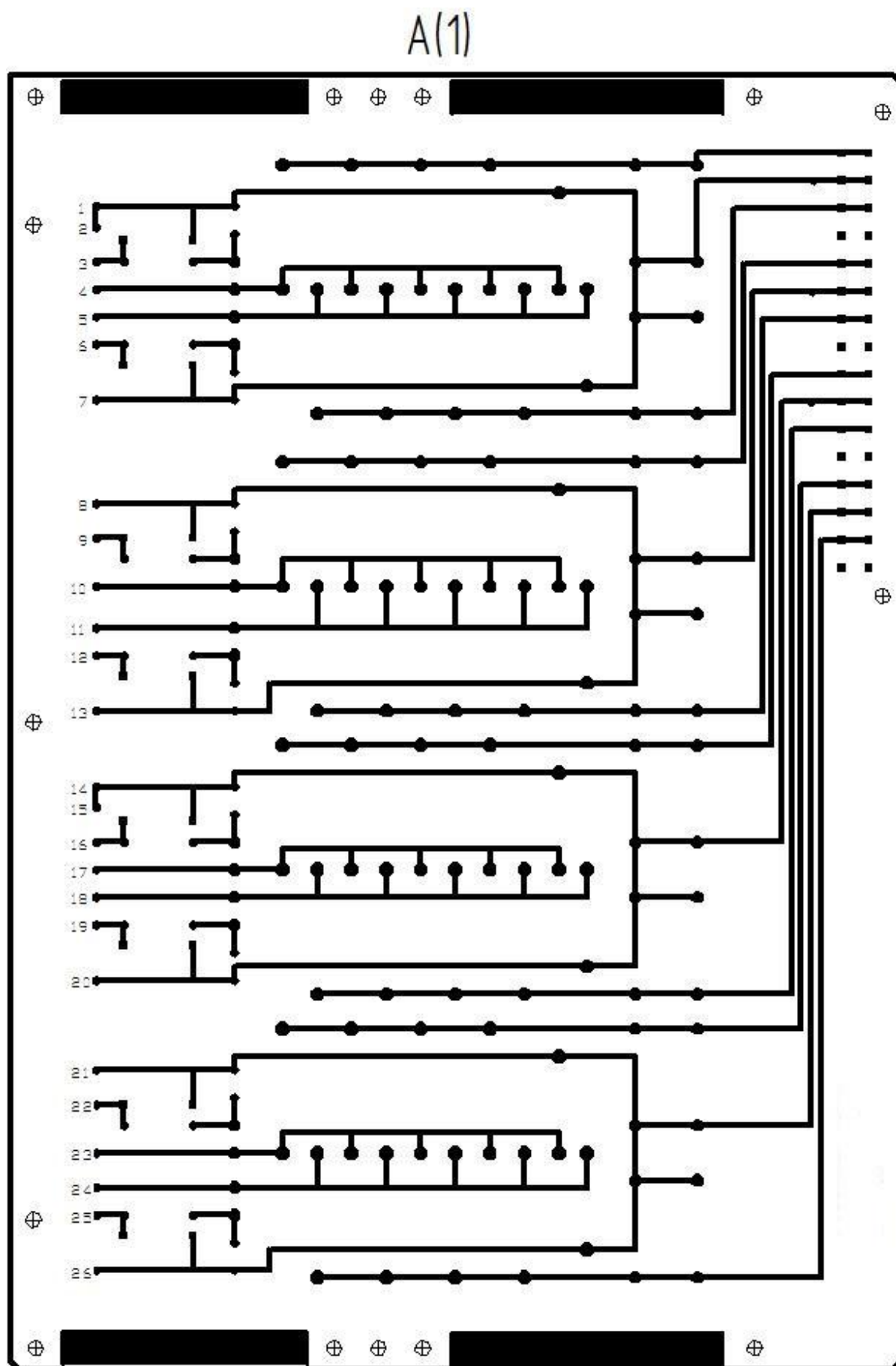


Рисунок 25.1 – топология печатных проводников на стороне монтажа

Б(1)

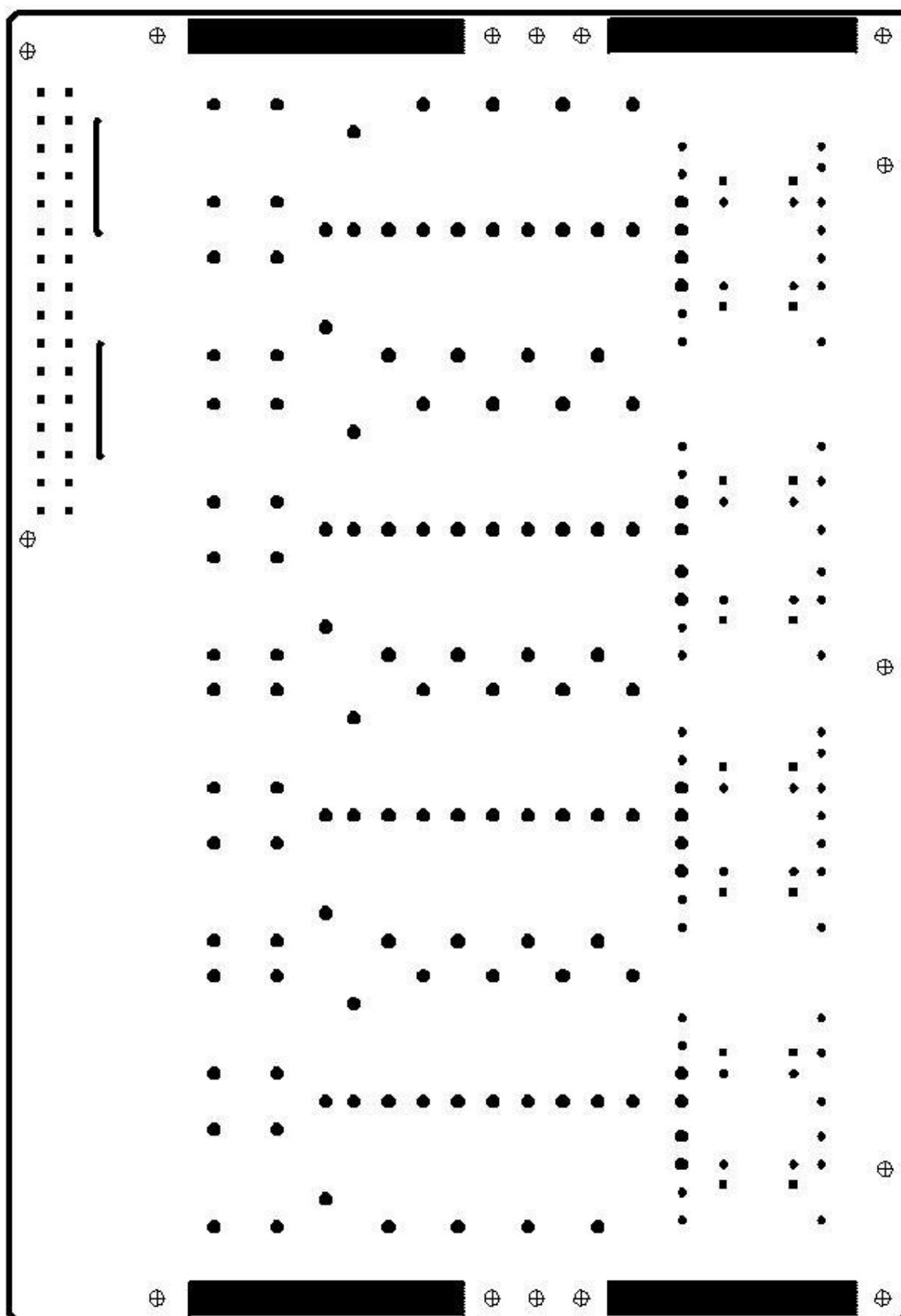


Рисунок 25.2-Топология печатных проводников на стороне установки

В данной плате нет теплового слоя, иначе бы она состояла из четырех слоев. Поэтому она состоит из двух слоев. Если отводить тепло, то потребуются необходимость еще в двух слоях.

3.5 Выводы

На основании проведенного анализа во второй главе работы и учитывая технические условия, которым должны соответствовать конструктивы, разрабатывается модуль коммутатора питания 1 уровня. Изделие сформировано на основе его ТЗ.

При проектировании были учтены условия эксплуатации, серийность выпуска, условия размещения печатной платы в изделии и способа ее крепления, габаритно-установочные размеры, вид электрической коммутации платы с выносными ЭРЭ и другими узлами.

Во время проектирования рассчитывался показатель надежности модуля коммутатора питания.

Заключение

Целью работы является разработка требований к конструктивам на соответствие ГОСТам МЭК и особенностям структуры аппаратуры морской техники, разработка базовой конструкции модуля 3 уровня и модуля питания 1 уровня.

В процессе достижения поставленной цели, получены следующие результаты.

Выполнен анализ основных характеристик несущих конструкций РЭА для подводных лодок. Ключевым фактором для построения несущей конструкции является соответствие требованиям, предъявляемых к этой аппаратуре.

Размеры базовой несущей конструкции подстраивается под размеры люка подводной лодки. Аппаратура морской техники должна быть стойкой, прочной и устойчивой к внешним воздействующим факторам. Для оболочки аппаратуры представлена классификация степеней защиты от проникновения твердых предметов и от проникновения воды.

Каждый конструктив должен подчиняться ряду технических требований прописанных нормативных документах ГОСТ. Каждый рассматриваемый конструктив имеет технический документ с представленными критериями к этой системе. В этом документе представлена система построения БНК, на какие уровни она делится и их координационные размеры, обеспечивающие их конструктивную совместимость, взаимозаменяемость.

Осуществлен анализ существующих БНК для применения при разработке аппаратуры ГАК ПЛ.

Систем построения существует две - дюймовая и метрическая. Эти системы взаимозаменяемы. Дюймовая система широко распространена, но имеет ряд недостатков. Метрическая система является более современной и обеспечи-

ваает возможность встраивания в свои конструктивы конструктивов дюймовой системы более низкого уровня.

По тому пути пошло предприятие АО «АВАНГАРД». габаритные и присоединительные размеры обеспечивают совместимость с аналогичными конструктивами дюймовой системы при незначительных потерях полезного объема, т.е. дюймовые ячейки могут устанавливаться на место метрических ячеек. Аналогичная ситуация с блочными каркасами и шкафами.

Шкафы, разрабатываемые на предприятии слишком велики и не подходят под диаметр люка. Поэтому многоэтажных шкафов они не разрабатывают. В основном одноэтажные. Этим они и отличаются от предприятия АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР», который в свою очередь разрабатывает многоэтажные шкафы, которые проходят в отверстие люка и удовлетворяют всем требованиям морской техники, группы стандартов «Евромеханика».

Выполнено проектирование унифицированного модуля 1 уровня.

На основании проведенного анализа во второй главе работы и учитывая технические условия, которым должны соответствовать конструктивы, разрабатывается модуль коммутатора питания 1 уровня. Изделие сформировано на основе его ТЗ.

При проектировании были учтены условия эксплуатации, серийность выпуска, условия размещения печатной платы в изделии и способа ее крепления, габаритно-установочные размеры, вид электрической коммутации платы с выносными ЭРЭ и другими узлами.

Во время проектирования рассчитывался показатель надежности модуля коммутатора питания.

Таким образом, основная цель выпускной квалификационной работы и поставленные задачи достигнуты.

Перечень принятых сокращений

БНК- базовая несущая конструкция
ВУЭ-внешний установочный элемент
ГАК-гидроакустический комплекс
ИМС- интегральные микросхема
МСГК-Межотраслевой Совет Главных конструкторов
РЭА-радиоэлектронное оборудование
РЭС- радиоэлектронные средства
ПЛ-подводная лодка
ПП-печатная плата
СТВ-спирально-тросовые виброизолятры
СТВС-спирально-тросовый виброизолятор составной
ТЗ-техническое задание
ТК-технический комитет
ТУ-техническое условие
ЧТЗ-техническое задание на конструирование изделия
ЭМ-электронный модуль
ЭРИ-электрорадиоизделие
ЭРЭ-электрорадиоэлементы

Список использованной литературы

1. ГОСТ РВ 20.39.304-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам
2. ГОСТ 20.57.305-98 КСКК. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Методы испытаний на воздействие механических факторов.
3. ГОСТ РВ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)
4. ГОСТ РВ 14.201-83 Обеспечение технологичности конструкции изделий
5. ГОСТ РВ 20.39.303-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования к надежности.
6. ГОСТ 26568-85 Вибрация. Методы и средства защиты.
7. ГОСТ ВД 9.303-84 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические.
8. ГОСТ 21227-93 Эмали марок ПФ-218. Технические условия.
9. ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические.
10. ГОСТ РВ 20.39.309-98 комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Конструктивно-технические требования
11. ГОСТ В 15.207-90 Порядок проведения работ по стандартизации и унификации в процессе разработки и постановки на производство изделий военной техники.
12. ГОСТ 26765.20-91 Конструкции базовые несущие радиоэлектронных средств. Система построения и координационные размеры.

13. Бердичевский, М.Е. Конструктивы Евромеханики во встраиваемых системах[текст]/Бердичевский, М.Е//Обзор. Аппаратные средства-2002. -С. 52-59.

14. Алдонин, Г.М. Конструирование измерительных приборов /О. А. Тронин, Ю. Л. Фатеев. – Красноярск, 2011. -231 с.

15. Данилушкин, И.А. Аппаратные средства и программное обеспечение систем промышленной автоматизации/ И.А. Данилушкин. - Самара, 2007.-168 с.

16. Руководство по оценке правильности применения электрорадиоизделий. Часть1 -2000.-145с.

17. Установка навесных элементов на печатные платы. Конструирование. Часть 1-1992. -189с.