



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:** «Разработка вариантов технических решений конструкций различных систем кондиционирования приборов гак пл в части применения единых унифицированных модулей усилителя сигналов первого уровня»

**Исполнитель:** Карасев Ян Геннадьевич

**Руководитель:** кандидат технических наук, доцент  
Соколов Виктор Евгеньевич

«К защите допускаю»

и.о. заведующего кафедрой: \_\_\_\_\_

кандидат географических наук, доцент

Фокичева 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**

**«РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ  
ПРИБОРОВ ГАК ПЛ В ЧАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЕДИНЫХ  
УНИФИЦИРОВАННЫХ МОДУЛЕЙ УСИЛИТЕЛЯ СИГНАЛОВ  
ПЕРВОГО УРОВНЯ»**

Направление подготовки – 17.03.01 «Корабельное вооружение»

Профиль - «Морские информационные системы и оборудование»

Исполнитель:

\_\_\_\_\_ Карасев Ян Геннадьевич

Руководитель:

Кандидат технических наук, доцент

\_\_\_\_\_ Соколов Виктор Евгеньевич

## Содержание

СОКРАЩЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТРЕТЬЕГО УРОВНЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОДУЛЕЙ БЛОКОВ ПРИБОРОВ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ. ....	6
1.1 Требования к несущим конструктивам в соответствии с комплексом стандартов Мороз 6.....	-
1.2 Степень защиты аппаратуры оболочками выбирают в соответствии с ГОСТ РВ 14254.....	12
1.3 Анализ приборов воздушной системы установленных на ПЛ .....	14
1.4 Анализ приборов жидкостной системы установленных на ПЛ.....	17
2 СОЗДАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ШКАФА ТРЕТЬЕГО УРОВНЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА ЛОДКАХ С ВОЗДУШНОЙ И ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ. ....	20
Выводы .....	29
3 СОЗДАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ ПЕРВОГО УРОВНЯ ДЛЯ ПРИБОРОВ ПЛ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ. ....	30
3.1 Общие требования к проектированию печатных плат, модулей. ....	-
3.2 Анализ Электрической схемы и перечень элементов. ....	34
3.3 Расчет надежности .....	41
3.4 Компоновка и трассировка.....	47
Выводы .....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	54

## **СОКРАЩЕНИЯ**

ПЛ- подводная лодка

ЭМЗ – электрические модули 3го поколения

БНК-3 - базовая несущая конструкция третьего уровня

ТТЗ – Тактико-техническое задание

ТЗ – Техническое задание

ТЭЗ - типовым элементом замены

ГАК – Гидроакустический комплекс

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Данная разработка направлена на создание унифицированного модуля первого уровня для использования в приборах воздушного и жидкостного охлаждения.

Существующие подводные лодки третьего поколения, используют приборы в установленные в прочном корпусе с воздушной системой охлаждения либо с применением приточновытяжного типа, либо автономную с вентиляторами. В соответствии с этими условиями был разработан прибор на базе несущей конструкции использующих входящие и выходящие воздушные патрубки и применяющиеся внутри своего корпуса модули первого уровня охлаждения.

На подводных лодках третьего поколения используется воздушная система охлаждения, в свою очередь она эффективная, но очень шумная, а для подводной лодки шумность имеет большое значение. Чтобы избежать высокие шумы с воздушной системой охлаждения весь каркас зонального блока дополнительно облицован вибропоглощающими панелями. Предполагается, что данный принцип в будущем поможет сократить уровни шумов лодок с на 10-15 дБ в определенных диапазонах. Так было сделано на многих подводных лодках третьего поколения. Так же подводные лодки с воздушным охлаждением обходились дешевле так как разработка модулей была менее затратная. Но при этом шумы издаваемые подводной лодкой с данной системой охлаждения превышали 70-80дБ.

Для уменьшения шумности в подводных лодках четвертого поколения были применены конструктивные приборы с жидкостной системой охлаждения использующие кондуктивную передачу тепла от модулей первого уровня в корпусе третьего уровня. Применение подобных конструкций снизило шум до 40 Дб.

Однако применение различных типов систем охлаждения требовало создание различных конструкторских изменений в модулях первого уровня,

что не позволяло унифицировать их использование в несущих конструкциях подводных лодках третьего и четвертого поколения.

**Объектом исследования:** ГАК ПЛ третьего и четвертого уровня

**Предмет исследования:** Унифицирование модуля для ГАК ПЛ третьего и четвертого поколения

**Цель исследования:** создание единых конструктивных модулей для различных систем охлаждения, для ГАК ПЛ третьего и четвертого поколения

### **Задачи**

- Анализ несущих конструкций третьего уровня с точки зрения обеспечения охлаждения модулей блоков приборов подводных лодок третьего и четвертого поколения.
- Анализ различных систем охлаждения.
- Создание унифицированной конструкции шкафа третьего уровня для применения на лодках с воздушной и жидкостной системой охлаждения.
- Создание унифицированного модуля первого уровня для приборов ПЛ третьего и четвертого поколения

# 1 АНАЛИЗ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТРЕТЬЕГО УРОВНЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОДУЛЕЙ БЛОКОВ ПРИБОРОВ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ.

## 1.1 Требования к несущим конструктивам в соответствии с комплексом стандартов Мороз 6

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

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

Исполнение 2.3.1 показывает на то, что аппаратура будет устанавливаться в специальных помещениях, рубках, центральных постах, постах управления и в жилых помещениях.

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, м/с <sup>2</sup> (g)	10
	Диапазон частот, Гц	1-35
Механический удар одиночного действия	Пиковое ударное ускорение, м/с <sup>2</sup> (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
Качка	Максимальный угол наклона, град	1) 15 2) 30
1	2	3
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.

Специальные требования к несущим конструкциям.

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

Аппаратура должна без проблем проходить через проемы люков диаметром 594 мм. Размер аппаратов подстраивается под размеры люка, представленного на рисунке 1.

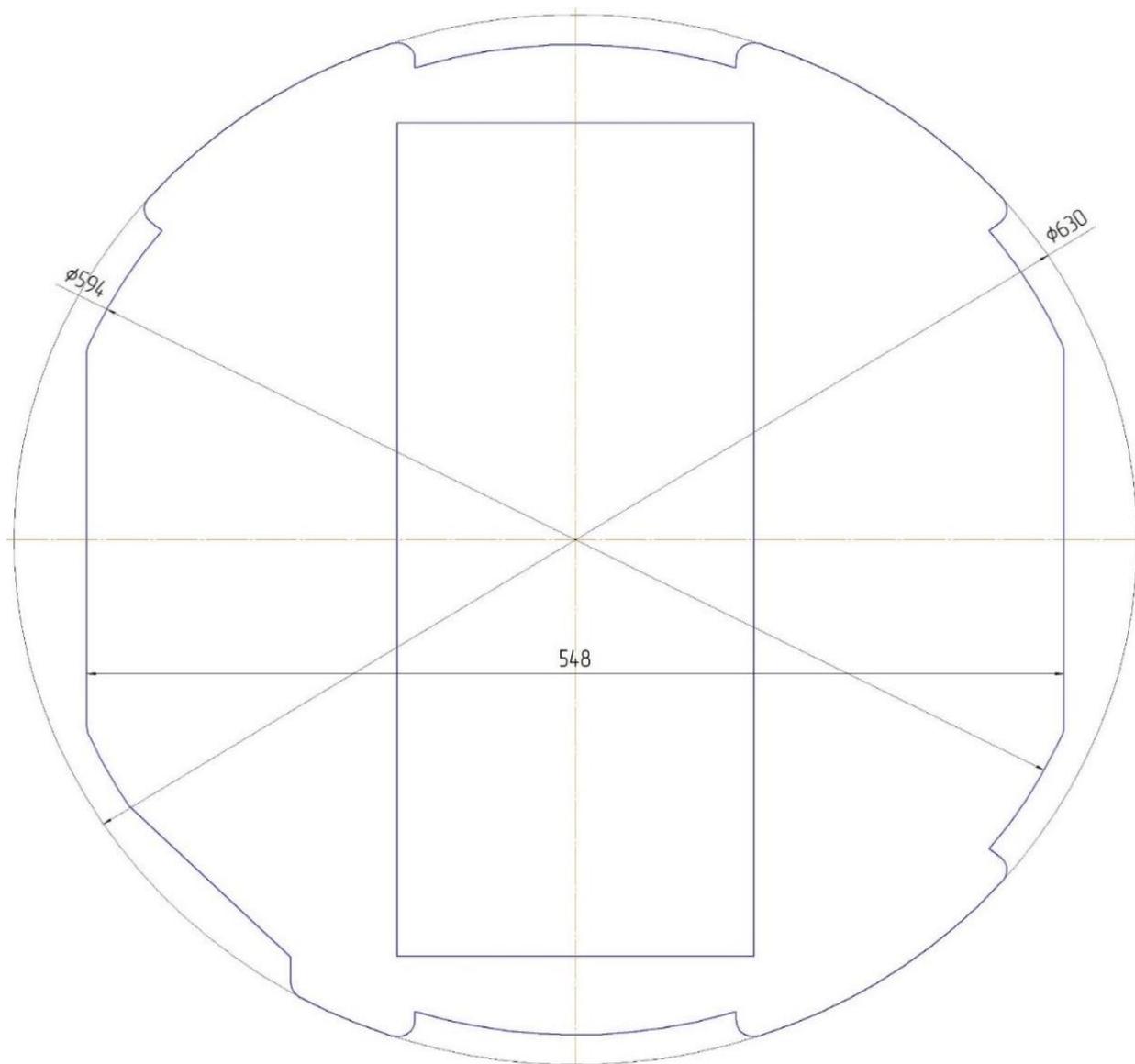


Рисунок 1 Размеры люка ПЛ

Требования к приборам.

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).

Требования к габаритным размерам и массе.

Требования к размерам конструкции разрабатываемой аппаратуры изложены в ГОСТ РВ 20.39.309-98. 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.

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.

#### Применяемые материалы

Покрyтия 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 покрyтия должны соответствовать требованиям ГОСТ 9.301 (Покрyтия металлические и неметаллические неорганические)

Виды и толщину неорганических покрyтий 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 покрyтий учитываются требования, прописанные в ГОСТ 9.005 (Металлы, сплавы, металлические и неметаллические неорганические покрyтия. Допустимые и недопустимые контакты с металлами и неметаллами)

1.2 Степень защиты аппаратуры оболочками выбирают в соответствии с  
ГОСТ РВ 14254

При выборе степени защиты первое число показывает на проникновение твердых тел или инородных предметов, вторая цифра показывает на степень защищенности от воды.

Так как на подводной лодке нет пыли и инородных тел то вместо первой цифры остается просто буква «Х», а вот вторая цифра играет важную роль, чем она выше тем лучше шкаф, но не стоит забывать что полностью герметичных шкафов для систем охлаждения еще нет. Поэтому был выбран стандартный уровень защиты от воды «4». Стандарты IP предоставлены в таблице 2

Таблица 2

1-ая цифра	Защита от проникновения инородных твердых предметов	2-ая цифра	Защита от проникновения инородных жидкостей
0	Нет защиты	0	Нет защиты
1	Защита от проникновения твердых объектов размером более 50 мм; частей человеческого тела, таких как руки, ступни и т.д. или других инородных предметов размером не менее 50 мм.	1	Защита от попадания капель, падающих вертикально вниз.
2	Защита от проникновения твердых размером более 12 мм; пальцев рук или других предметов длиной не более 80 мм, или твердых предметов.	2	Защита от попадания капель, падающих объектов сверху под углом к вертикали не более 15° (оборудование в нормальном положении).

Продолжение таблица 2

3	Защита от проникновения твердых объектов размером более 2,5 мм; инструментов, проволоки или других предметов диаметром не менее 2,5 мм.	3	Защита от попадания капель или струй, объектов падающих сверху под углом к вертикали не более 60° (оборудование в нормальном положении).
4	Защита от проникновения твердых объектов размером более 1 мм; инструментов, проволоки или других предметов диаметром не менее 1 мм.	4	Защита от попадания капель или брызг, падающих под любым углом.
5	Частичная защита от проникновения пыли. Полная защита от всех видов случайного проникновения. Возможно, лишь попадание пыли в количестве, не нарушающем работу прибора.	5	Защита от попадания струй воды, падающих под любым углом.
6	Полная защита от проникновения пыли и случайного проникновения.	6	Защита от попадания струй воды под от всех видов давлением под любым углом.
		7	Защита от попадания воды при временном погружении в воду. Вода не вызывает порчи оборудования при определенной глубине и времени погружения.
		8	Защита от попадания воды при постоянном погружении в воду. Вода не вызывает порчи оборудования при заданных условиях и неограниченном времени погружения.

### 1.3 Анализ приборов воздушной системы установленных на ПЛ

Все подводные лодки до четвертого поколения разрабатывались с применением воздушного охлаждения всех электрических систем в том числе и ГАК

Воздушные кондиционеры в ПЛ распространяют потоки воздуха во все отсеки создавая высокий уровень шумности и кроме того, воздушные патрубки занимают много места.

Все приборы ГАК был оборудованы причновытяжными патрубками через которые поступал холодный воздух в прибор и через которые теплый воздух выходил.

На рисунке 2 рассмотрим приборный модуль, который 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)

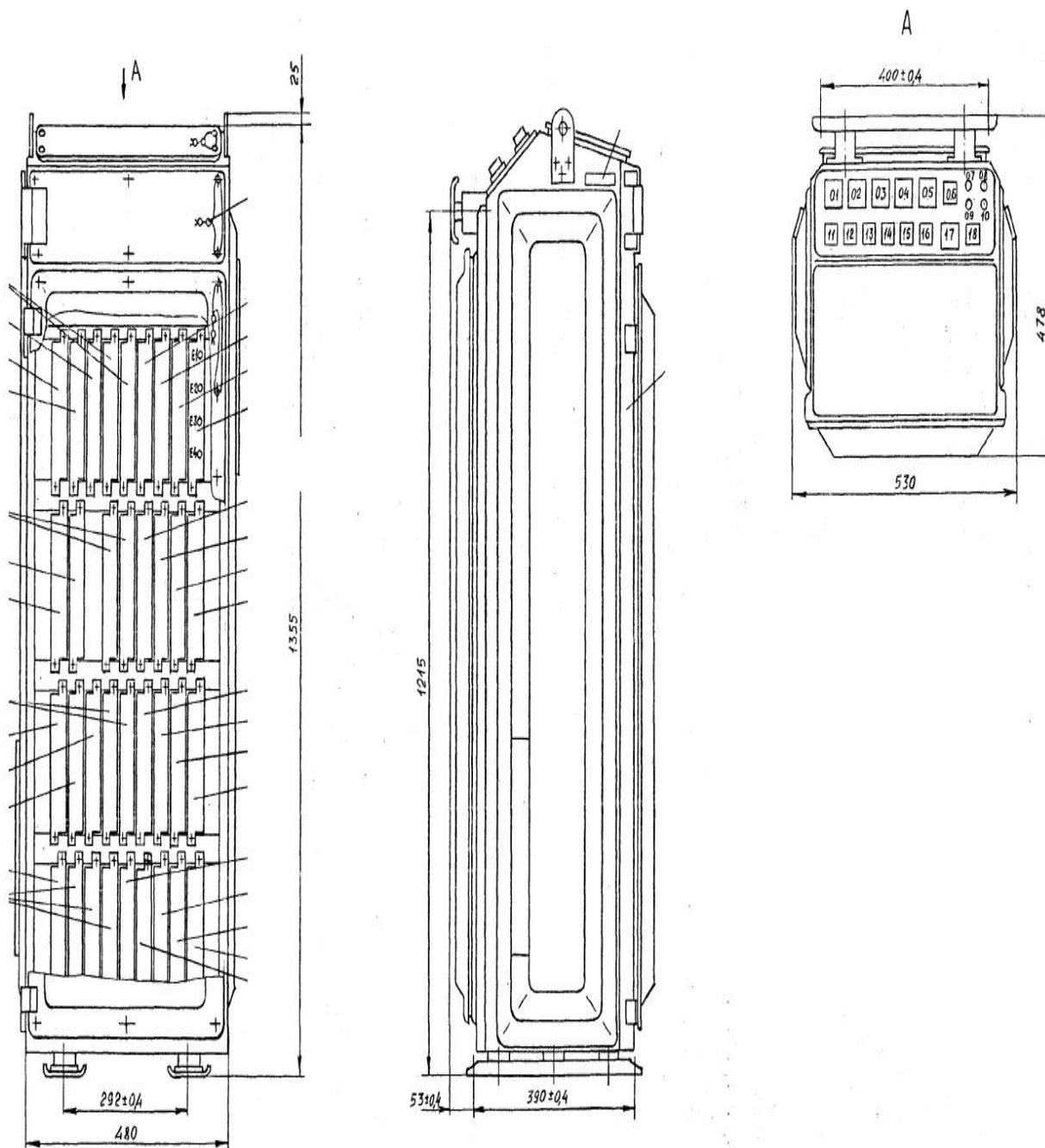


Рис. 2 Многоэтажный шкаф воздушной системы охлаждения

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 амортизаторов АКСС, 4 из которых закреплены на днище основания. В зависимости от конструкции арматуры амортизаторы должны изготавливаться следующих типов:

бескозырьковый - на нагрузки 98-1177 Н (10-120 кгс);

козырьковый - на нагрузки 1570-3924 Н (160-400 кгс).

Конструкция, основные параметры и размеры амортизаторов должны соответствовать указанным на (рис 3) Неуказанные размеры и предельные отклонения должны соответствовать чертежам, согласованным в установленном порядке. (Докипедия: ГОСТ 17053.1-80 Амортизаторы корабельные АКСС-М .Технические условия )

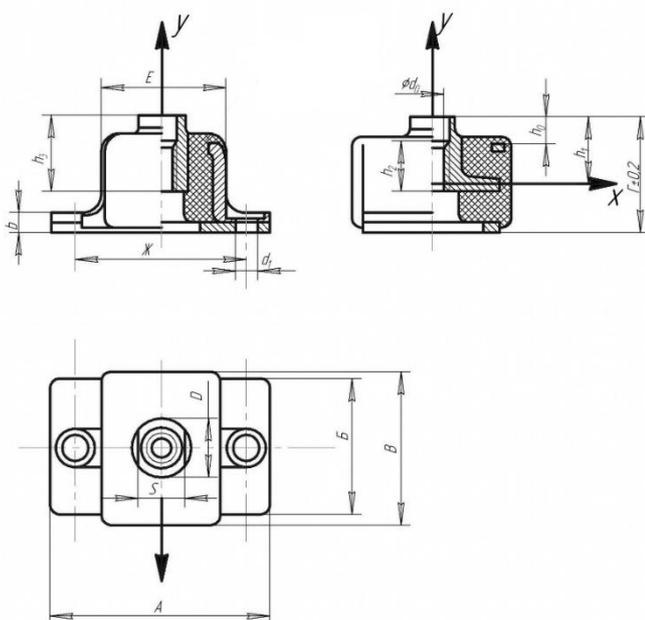


Рисунок 3 Амортизаторы класса АКСС

Но эти амортизаторы были не эффективны, так как срок службы у них был 7 лет, а то и меньше. Они подвергались колоссальной нагрузке и не могли отработать положенные 15 лет, так как первая техническая проверка шкафа происходила через 15 лет.

#### 1.4 Анализ приборов жидкостной системы установленных на ПЛ

С развитием мощности и возможности ГАК появилась необходимость снижения акустической шумности ПЛ. С этой целью воздушная система охлаждения была заменена на жидкостную. И к каждому прибору через трубы подводилась жидкость.

В шкафах с водяным охлаждением не было уже отверстий в модулях, которые в него вставлялись, при помощи которых отводилось тепло в воздушной системе охлаждения, а была прикреплена дополнительная металлическая пластина которая касалась труб с холодной водой и тем самым происходил процесс теплоотведения. Платы и модули были таких же размеров как и для воздушного. Давайте рассмотрим представленный (рис 4), на котором изображен первый аппарат с водяной системой охлаждения для модулей на ПЛ.

Тут мы видим очень громоздкий аппарат, но он очень сильно снижал шумность ПЛ. Шкаф с водяным охлаждением решал проблему по шумности, но был очень громоздкий и при установке в ПЛ приходилось разбирать шкаф на 3 составляющие:

- Сам шкаф с отсеками для модулей.
- Система охлаждения, которая крепится сзади состоящая из труб внутри.
- Блок слева или справа с дополнительными переключателями.

Но тем не менее даже такая система не была хороша, ведь ее приходилось собирать на поверхности, а потом при установке на ПЛ снова разбирать, проносить и только потом уже внутри собрать и установить.

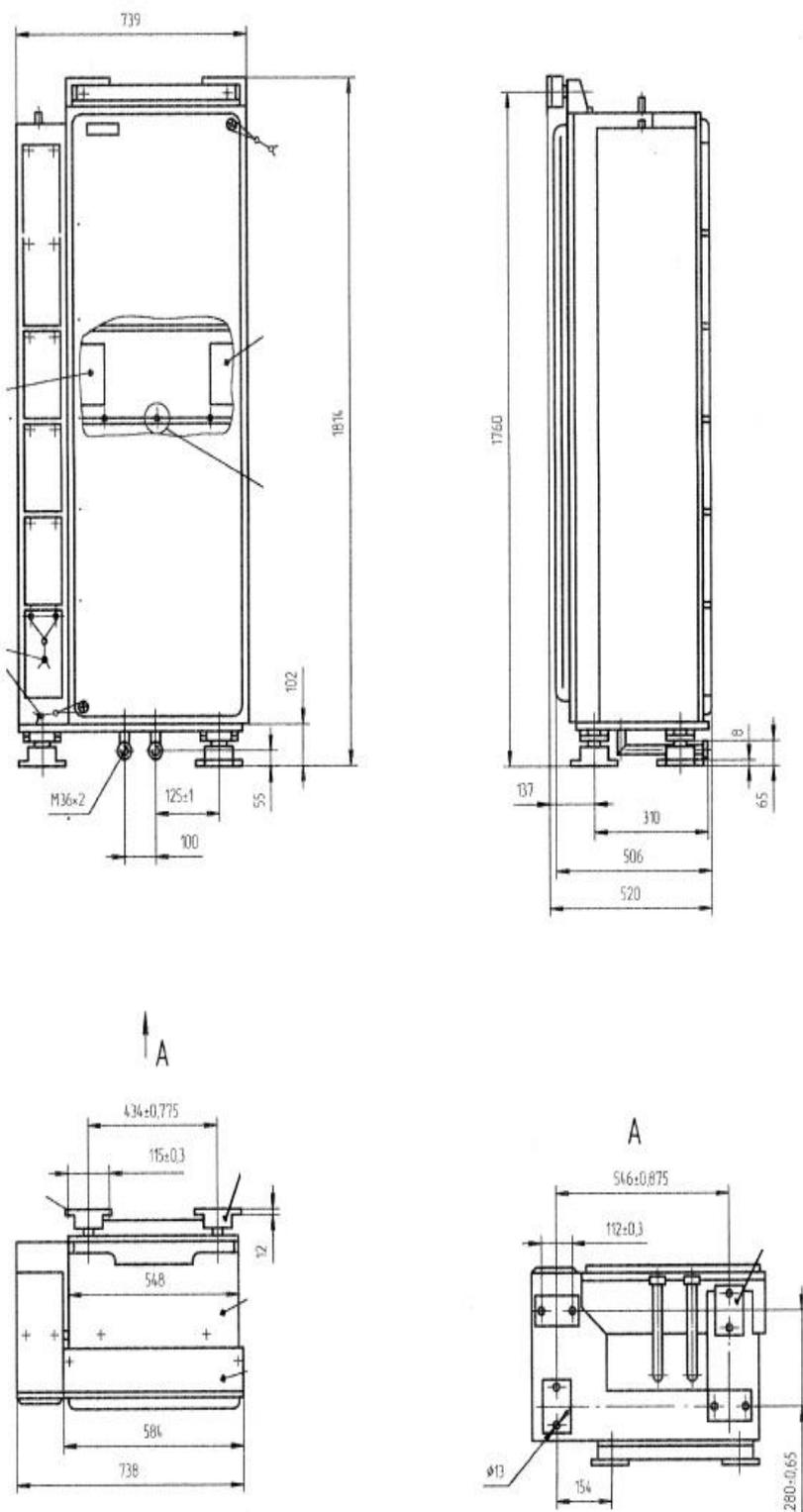


Рисунок 4 Модуль жидкостной системы охлаждения

## Выводы

Изучены и рассмотрены теоретические материалы по базовым несущим конструкциям. Выявлено что важным фактором при построении конструкции является соответствие всех требований предъявленных к данной аппаратуре.

Выявлены отличительные особенности в создании плат для воздушной и жидкостной системы охлаждения.

Например в воздушной системе в платах были отверстия через которые проходил воздух и охлаждал, а вот конструкция платы для жидкостной системы была с металлической пластиной, которая была расположена по всей поверхности платы и концами касалась змеевика, по которому поступала холодная вода.

Из всего вышесказанного можем понять, что конструкции не были унифицированы. К каждому шкафу были свои платы и модули, которые не взаимозаменяемые.

Так же была ещё одна проблема это очень большие габариты жидкостной системы охлаждения, она разбиралась на 3 части для того чтобы потом установиться на ПЛ. А так-же все это очень затратно по деньгам и по установки в ПЛ.

## **2 СОЗДАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ШКАФА ТРЕТЬЕГО УРОВНЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА ЛОДКАХ С ВОЗДУШНОЙ И ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ.**

Для ПЛ четвертого поколения и модернизации гидроакустических систем ПЛ третьего поколения, особое внимание уделяется разработке несущих конструктивов модулей первого уровня удовлетворяющих требованиям всех классов ПЛ.

Несущие конструкции предназначены для размещения, компоновки и коммутации электронных компонентов и других составных частей изделия в целях обеспечения устойчивого функционирования и защиты от воздействия неблагоприятных факторов и условий эксплуатации.

ГОСТ 26632-85 устанавливает четыре уровня разукрупнения радиоэлектронных средств по конструктивной сложности.

Третий уровень – радиоэлектронный шкаф (стойка, тумба, пульт), предназначенный для размещения радиоэлектронных систем и комплексов. Функционально законченный радиоэлектронный шкаф, выполненный на основе базовой несущей конструкции третьего уровня (БНК-3) и обладающий свойствам конструктивной взаимозаменяемости, называют электронным модулем третьего поколения (ЭМЗ)

Далее в соответствии с ГОСТ 26765.20-91 существуют следующие уровни разукрупнения радиоэлектронных средств.

- Второй уровень – радиоэлектронный каркас (крейт) или блок
- Первый уровень - радиоэлектронная ячейка (печатная плата)
- Нулевой уровень – радиоэлемент (микросхема)

К электронным модулям третьего в соответствии с технической эстетикой предъявляются некоторые общие требования:

- Быть технологичными, то есть (согласно ГОСТ 19.205-83) при меньших по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций, изделий того же назначения затрат труда, средств, материалов и времени на изготовление, эксплуатацию и ремонт, обеспечивать достижение установленных значений показателей качества.
- Обладать минимальной массой и габаритными размерами при сохранении заданных параметров прочности и устойчивости функционирования.
- Отвечать требованиям стандартизации, которую понимают (ГОСТ 1.0-85) как систему мероприятий по установке и применению правил с целью упорядоченности деятельности. Разновидностями стандартизации являются: типизация, унификация и агрегатирование.

Однако для ЭМЗ морской аппаратуры, используемой на подводных лодках, предъявляются дополнительные специальные требования.

А именно:

- Несущая конструкция ЭМЗ должна проноситься через входной люк ПЛ диаметром 594 мм «в свету».
- Несущая конструкция ЭМЗ должна соответствовать требованиям либо брызгозащищенности, либо водозащищенности согласно ГОСТ РВ 20.57.306-98 (требования по герметичности не рассматриваем)
- Несущая конструкция ЭМЗ должна обеспечивать требованиям на защиту от внешних воздействий факторов для аппаратуры морской техники согласно ГОСТ РВ 20.39.304.-98.

Учитывая все эти требования, а также решая ряд вопросов унификации и вопросов отдельной поставки корпусов приборов. Была выполнена приборная стойка, 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.

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/см<sup>2</sup> 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.

Модули вставляются в прибор спереди. Коммутация связей с прибором осуществляется с помощью врубных соединителей типа РП10 и ГРПМ, расположенных на задних стенках модулей. В приборе модули фиксируются невыпадающими винтами, расположенными на лицевой панели модуля.

Корпуса приборов выполнены из листовой стали.

Разработан комплект из трех конструктивно законченных составных частей:

- корпус силовой;
- рама монтажная;
- крышка.

Все составные части имеют несколько исполнений по габаритным размерам, а корпус еще и по способу отвода тепла. Состав комплекта определяет разработчик прибора.

Корпус шкафа на внутренних поверхностях (верхней и нижней) имеет пазы для установки модулей выполненных на основе Механического Стандарта VME bus IEEE 1101.2 с размерами платы 6U (160x233,35 мм). Шаг установки модулей 20,32 мм.

В задней части шкафа размещены элементы крепления монтажной панели (кросс-платы) и разъемов для подключения вторичных источников электропитания.

Степень защиты шкафа IPX4 по ГОСТ 14254-80  
(брызгозащищенность).

Разработаны два исполнения типового шкафа, отличных по типу отвода тепла:

- с воздушно водяным охлаждением шкафа
- с воздушным охлаждением корпуса шкафа.

Каждое исполнение имеет две модификации, отличающиеся типоразмерами.

Ниже предоставлены рисунки 5 и 6, это разработка воздушной и жидкостной систем охлаждения.

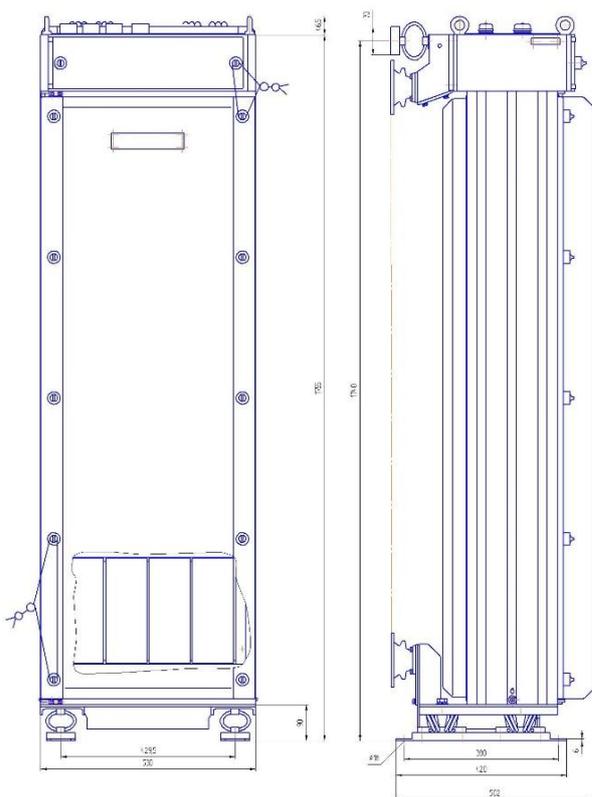


Рис. 5 Модуль 3го уровня предназначенный для использования в корабельных воздушных системах охлаждения.

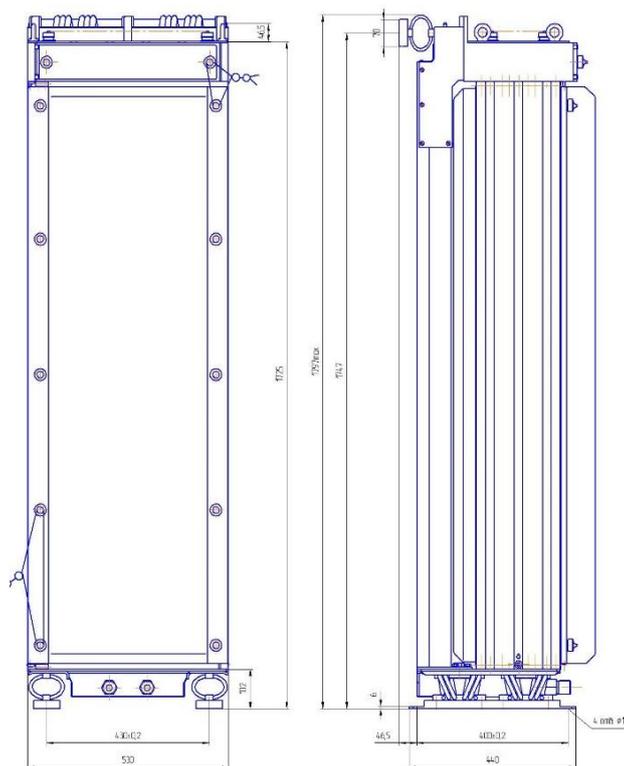


Рис. 6 Модуль 3го уровня предназначенный для использования в корабельных жидкостных системах охлаждения.

Модуль третьего уровня (рис. 5) предназначен для использования корабельных систем охлаждения приборов, воздухом принудительным способом, либо автономным

Модуль третьего уровня (рис. 6) предназначен для встраивания в жидкостную корабельную систему охлаждения приборов гидроакустических приборов.

Универсальность этой конструкции заключается в том, что электронные модули первого уровня устанавливаемые в эти приборы проектируются под одну схему воздушного охлаждения и могут использоваться в ЭМЗ как для воздушных корабельных систем, так и для жидкостных.

Это качество достигается тем, что в ЭМЗ (рис. 5) воздух для охлаждения в корпус прибора подается либо приточно-вытяжной вентиляцией корабля, либо из отсека корабля с помощью встроенных вентиляторов в приборе, а ЭМЗ (рис. 6) воздух циркулирует по замкнутому контуру из прибора в жидкостной охладитель и обратно с помощью встроенных вентиляторов в приборе.

Кроме того для ЭМЗ ПЛ четвертого поколения в (рис. 6) в состав которых входит жидкостной охладитель, решена задача раздельной поставки приборного модуля и жидкостного охладителя из производства на объект.

Любой спроектированный прибор на базе ЭМЗ (рис. 6) может быть легко разделен на две части:

- приборный модуль с установленными модулями первого уровня и встроенными вентиляторами (может работать в нештатном автономном режиме)
- жидкостной охладитель с установленными на нем амортизаторами, фланцами для подключения жидкостной корабельной системы

охлаждения и планкой с установленными имитаторами разъемов электрических соединений с прибором.

Такая конструкция позволяет с упреждением поставлять на ПЛ жидкостные охладители, устанавливая их на штатные фундаменты в отсеках, подключать и проверять корабельную жидкостную систему, проверять возможность электрического соединения приборов с кабелями корабельной сети. В этот период возможна настройка и отладка гидроакустического комплекса.

- Виброизоляторы СТВ (спирально-тросовые виброизоляторы) рядные представляет собой отрезок спирально-свитого стального каната, запрессованного в отверстиях двух пластин, верхней и нижней (рис. 7).

Требуемые характеристики обеспечиваются следующими параметрами:

- диаметром витка;
- количеством витков;
- наклоном витков;
- диаметром троса;
- маркой троса;
- степенью и способом опрессовки;
- степенью нагружения СТВР;
- формой опрессовки;
- наклоном СТВР относительно оси нагружения т. п.;

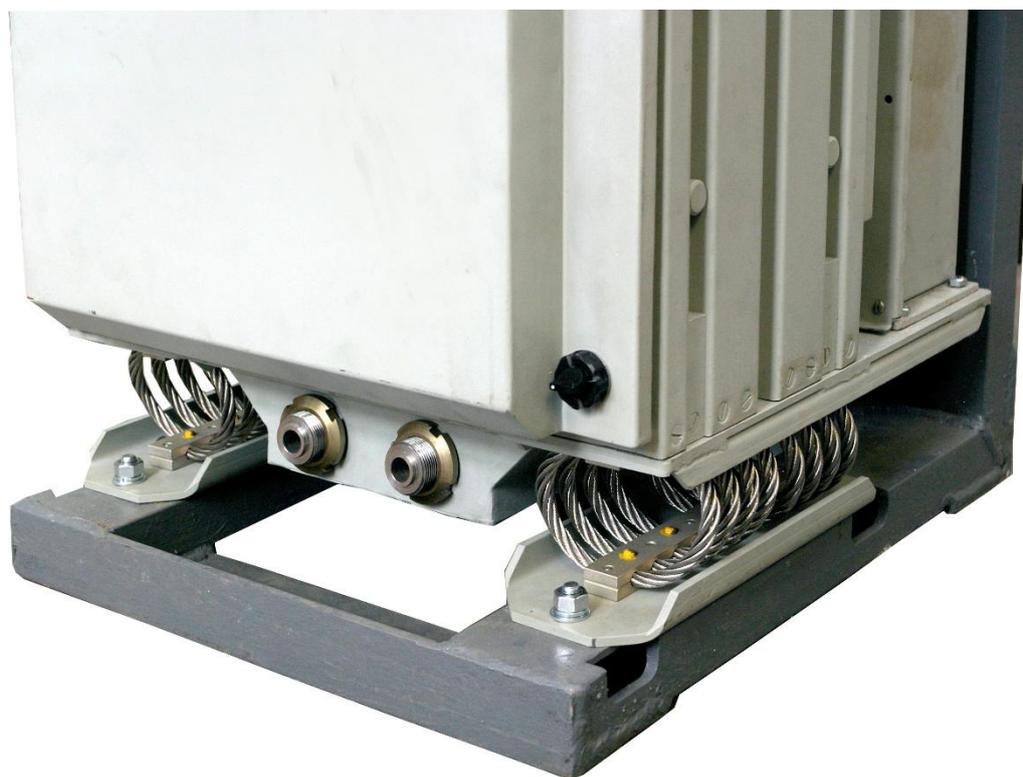


Рисунок 7 - Спирально-тросовые виброизоляторы

Для защиты прибора от ударных и вибраций применялись амортизаторы типа СТБ на лодках третьего поколения.

Рекомендация по выбору виброизолятора для приборов аппаратной части

Для стоечных приборов с 4 опорными и 2 упорными виброизоляторами.

Виброизоляторы выбираются в зависимости от массы прибора по максимальной статической нагрузке, кгс, по оси Z виброизолятора с таким расчетом, чтобы прибор был не ниже чем в 2.1 раза недогружен. Все 4 виброизолятора выбираются одного типа. Например для шкафа массой 250 кг выбирается виброизолятор СТВР-150К.

Виброизоляторы крепятся к прибору без каких либо промежуточных элементов, например без планки, рамы и т.п.

Опорные виброизоляторы устанавливаются параллельно передней крышке прибора с условием, чтобы передние виброизоляторы не выходили за габариты плоскости передней крышки, упорные горизонтально.

Формула для выбора типа виброизолятора

$$A = \frac{m * 2.1}{N}$$

Где m- масса прибора без массы виброизоляторов

n- количество виброизоляторов ( для стоечных и навесных приборов 4, для низких 2)

данный шкаф будет весом примерно 150 кг в полном укомплектованном состоянии, нам понадобятся 4 виброизолятора СТВР-85К, при сумме четырех виброизоляторов мы получаем 340, это число нам показывает максимальную нагрузку на виброизоляторы, в нашем случае при массе 150 кг получается нагрузка 315, так что мы ещё имеем запас надежности на 25 килограмм.

Виброизоляторы предоставлены в таблице 3

Типоразмер	Обозначения	Максимальная нагрузка в Кг	Вес виброизолятора в кг
СТВР 60К	СТВР-60К-01	60	0.6
СТВР 85К	СТВР-85К-01	85	0.8
СТВР120	СТВР-120К-01	120	1.2

Таблица 3

## **Выводы**

В результате проектирования конструктива приборного шкафа была создана единая система охлаждения модуля 1го уровня воздушным потоком с помощью встроенных вентиляторов.

Универсальность конструкции заключается в том, что приборная часть может быть подключена к приточновытяжной системе охлаждения ПЛ 3го поколения, либо к жидкостной системе охлаждения на ПЛ 4го поколения.

Применение единых модулей первого уровня с воздушной системой охлаждения обеспечило упрощение конструкции печатных плат применяемых в модулях, а так-же снижение массы ГАК на ПЛ 4го поколения.

В связи с тем, что конструкция с воздушно-жидкостной системой охлаждения имеет закрытый контур оборота воздуха, было достигнуто необходимое снижение шума.

Данная конструкция позволяет с упреждением осуществить поставку комплекса на объекты, что обеспечивает сокращение цикла отгрузки изделия.

В первую очередь отправляется охладитель, чтобы его установили в зоне где будет стоять шкаф, а потом уже была поставка шкафа, после полной настройки и проверки.

### 3 СОЗДАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ ПЕРВОГО УРОВНЯ ДЛЯ ПРИБОРОВ ПЛ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ.

3.1 Общие требования к проектированию печатных плат, модулей.  
Размещение электроэлементов на модуле

Самой распространенной компоновкой стала плоская компоновка модуля, при которой компоненты схемы устанавливаются в плоскости платы с одной или двух сторон.

Для такой компоновки характерна малая высота установки компонентов по сравнению с длиной и шириной платы. Плюсы такой компоновки заключаются в простом выполнении монтажных работ, в легком доступе к компонентам и монтажу, улучшенном тепловом режиме. Есть случаи, когда для внешней коммутации модуля вводится соединитель, такую конструкцию называют типовым элементом замены (ТЭЗ) (рис. 8).

На печатную плату (рис. 8) устанавливаются микросхемы (4) и для того чтобы исключить влияние на работу микросхем помех по электропитанию — развязывающие конденсаторы (5).

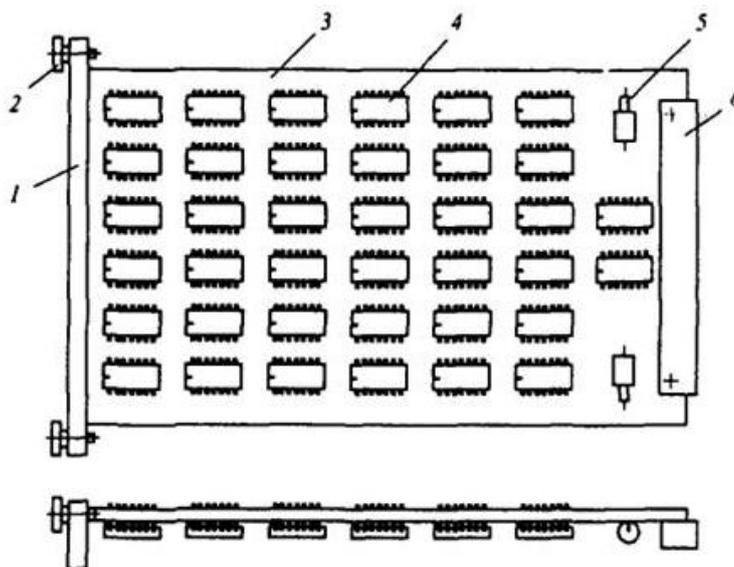


Рис. 8 Типовой элемент замены

(1 — лицевая панель; 2 — невыпадающий винт; 3 — печатная плата; 4 — микросхема; 5 — развязывающий конденсатор; 6 — электрический соединитель)

Лицевая панель выполняет одновременно несколько функций. На ней располагают элементы индикации и управления, контрольные гнезда, иногда электрические соединители, взаимодействующие с платой проводным монтажом. На лицевой панели в резьбовые отверстия помещают невыпадающие винты. Этими винтами ТЭЗ жестко фиксируется на несущей конструкции модуля второго уровня, наносится адрес, позволяющий отличить ТЭЗ среди подобных в наборе РЭА, а также предотвратить неправильную установку ТЭЗ.

Панель и электрический соединитель крепят к печатной плате винтовым или заклепочным соединением. Чтобы увеличить жесткость конструкции на плату устанавливают рамку при условии жестких механических воздействий.

Печатные платы модулей закрепляются жестко на несущей конструкции. Связывание модулей первого уровня между собой происходит с помощью приборных соединителей печатного монтажа, непосредственной подпайкой проводов к монтажным отверстиям плат, с использованием переходных штырьков и колодок.

Выбор класса точности ПП.

ГОСТ Р 23751—86 устанавливает пять классов точности ПП, каждый из которых характеризуется минимальным допустимым значением номинальной ширины проводника ( $t$ ), расстоянием между проводниками ( $S$ ), расстоянием от края просверленного отверстия до края контактной площадки ( $b$ ), отношением диаметра отверстия к толщине ПП ( $f$ ) в узком месте. Однако в настоящее время изготавливают ПП по 6 и 7 классам точности с шириной проводников 70...40 мкм соответственно.

Основными критериями при выборе класса точности ПП являются:

- конструкторская сложность ФУ — степень насыщенности поверхности ПП ЭРЭ (малая, средняя, высокая) при традиционной элементной базе или число выводов ПМК и шаг их расположения;

- элементная база.
- тип, число и шаг выводов ЭРЭ
- быстродействие;
- надежность;
- массогабаритные характеристики;
- стоимость;
- условия эксплуатации;
- максимальные ток и напряжение;
- уровень технологического оснащения конкретного производства.

Выбор материала.

Материал выбирают по ТУ и ГОСТ 10316—78 с учетом: электрических и физико-механических параметров ПП и ГПК во время и после воздействия механических нагрузок, климатических факторов и химических агрессивных сред в процессе производства и эксплуатации; обеспечения автоматизации процесса установки ЭРЭ. Материал основания определяет основные свойства ПП.

Для создания платы используется стеклотекстолит фольгированный МИ 1222. Теклотекстолит фольгированный МИ 1222мм представляет собой слоистый прессованный материал на основе целлюлозной бумаги, пропитанной фенольным связующим нормативной горючести, и облицованный с двух сторон медной электролитической гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм.

Область применения МИ 1222

Стеклотекстолит фольгированный МИ 1222-2-35 применяется в радиотехнике, приборостроении, электронике для изготовления обычных и

МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ВЫСОКОГО КЛАССА ТОЧНОСТИ, ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА.

Эскиз модуля первого уровня представлен на рис. 9

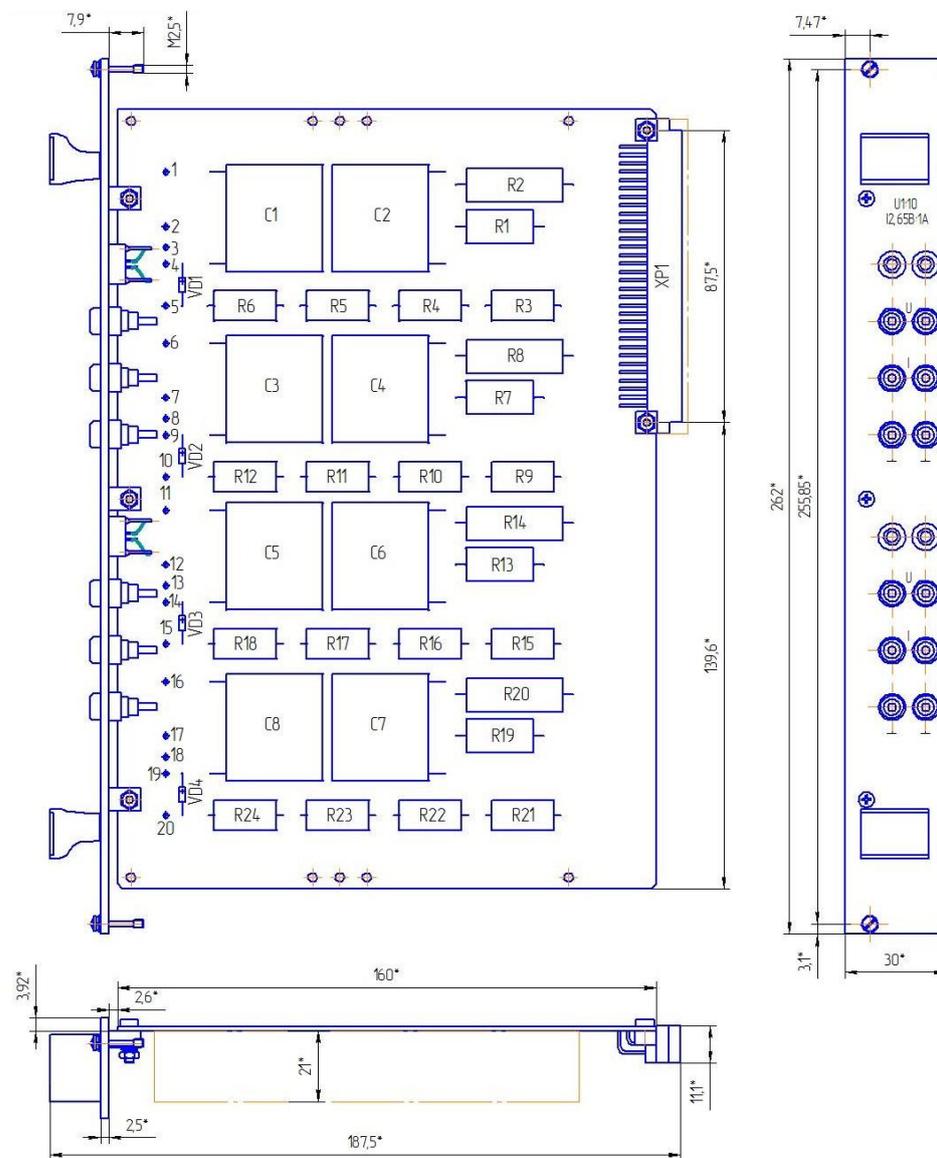


Рис 9 Эскиз модуля первого уровня.

### 3.2 Анализ Электрической схемы и перечень элементов.

#### Анализ модуля усилителя сигналов 1 уровня

В изучение и анализ технического задания входят такие пункты как:

- Назначение
- Условие эксплуатации
- Электрическая схема и ее топология

Назначение: Печатные платы применяются на модулях первого уровня,

Условия: Разрабатываемый модуль первого уровня устанавливают на объект морской техники, поэтому стоит учитывать внешние факторы воздействия, влияющие на модуль. К таким факторам относятся высокая, низкая температура, влажность, вибрации, удары, плесневелые грибы.

Следующее что мы должны проанализировать -это принципиальную электрическую схему (рис. 10)

При анализе электрической схемы выполняются следующие задачи:

1. Назначение схемы, ее компоновка
2. Тип электрических цепей. Цепи входа и выхода сигналов.

Входные и выходные печатные проводники не должны прокладываться рядом или параллельно друг другу, во избежание возникновения паразитных обратных связей.

3. Напряжение и сила тока источников электропитания

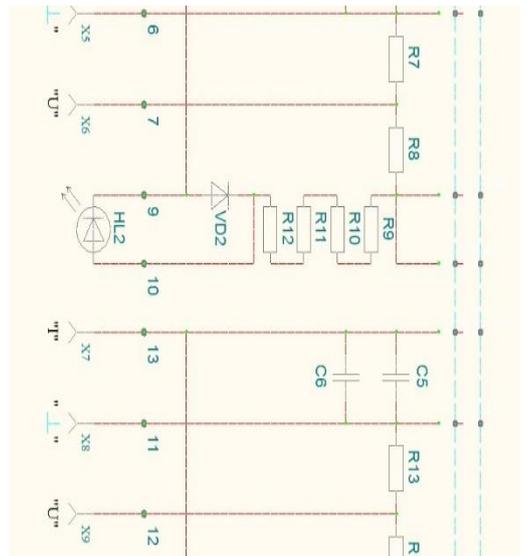


Рис. 10 Электрическая схема

При анализе топологии (лист1) определяют так же конструкторскую сложность принципиальной электрической схемы, которую оценивают числом активных элементов;

Изучают функциональную схему с целью выявления одинаковых по назначению подсхем и унификации их структуры в пределах конкретного изделия, что приводит к уменьшению многообразия различных подсхем и, следовательно, номенклатуры различных типов ТЭЗ;

Выбирают единое максимально допустимое числа выводов соединителя для всех типов модулей (за основу принимают число внешних связей наиболее повторяющегося узла в наборе узлов изделия с учетом цепей питания и нулевого потенциала и 5... 10%-ного запаса контактов на возможную модификацию);

Определяют шаг координатной сетки, который является основной конструкторской характеристикой. Шаг характеризует плотность печатного монтажа. К нему привязаны все элементы конструкции (отверстия, проводники), а также электрорадиоэлементы устройства. Шаг элементной сетки выбирают так, чтобы он соответствовал шагу расположения выводов большинства радиоэлектронных элементов, устанавливаемых на ПП.

Форма и размеры монтажных отверстий и контактных площадок зависят от геометрии выводов ЭРЭ. Круглые отверстия и контактные площадки применяются для штыревых выводов или ПМК.

Перв. примен.	Поз.обоз- начение	Наименование	Кол.	Примечание					
	C1...C8	Конденсатор К78-26-250 В-1 мкФ+-5%-В ОЖ0.461.160ТУ	8						
	HL1...HL4	Индикатор полупроводниковый ЗЛ336К-КПО АЕЯР.432220.332ТУ	4						
	R1	Резистор С2-29В-1-9,09 кОм+-1%-1,0-А ОЖ0.467.099ТУ	1						
	R2	Резистор С2-29В-2-82,5 кОм+-1%-1,0-Б ОЖ0.467.099ТУ	1						
	R3...R6	Резистор С2-33Н-2-4,7 кОм+-5% А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ	4						
	R7	Резистор С2-29В-1-9,09 кОм+-1%-1,0-А ОЖ0.467.099ТУ	1						
	R8	Резистор С2-29В-2-82,5 кОм+-1%-1,0-Б ОЖ0.467.099ТУ	1						
	R9...R12	Резистор С2-33Н-2-4,7 кОм+-5% А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ	4						
	R13	Резистор С2-29В-1-9,09 кОм+-1%-1,0-А ОЖ0.467.099ТУ	1						
	R14	Резистор С2-29В-2-82,5 кОм+-1%-1,0-Б ОЖ0.467.099ТУ	1						
	R15...R18	Резистор С2-33Н-2-4,7 кОм+-5% А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ	4						
	R19	Резистор С2-29В-1-9,09 кОм+-1%-1,0-А ОЖ0.467.099ТУ	1						
	R20	Резистор С2-29В-2-82,5 кОм+-1%-1,0-Б ОЖ0.467.099ТУ	1						
	R21...R24	Резистор С2-33Н-2-4,7 кОм+-5% А-Д-В ОЖ0.467.093ТУ	4						
	VD1...VD4	Диод 2Д522Б дР3.362.029-01ТУ	4						
	Изм. № дубл.	X1...X12	Гнездо Г1,6 ч ТУ 6315-002-07593842-97	12					
		XP1	Вилка СНП-59-32/94x11В-23-1-В НЦ0.364.061ТУ	1					
	Взам. инв. №								
Подп. и дата									
Изм. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.				2016			1	2
	Пров.								
	Гл.констр								
	Н.контр.								
	Утв.								
НИС-422		23.12.16		ЛЮКИ.469135.226 ПЭЭ.РЕ		Формат А4			

Таблица 4 – Габаритно-установочные размеры ЭРЭ

Наименование и тип ЭРЭ	Кол., Шт.	Габаритные размеры, мм	Установочная площадь, мм	Масса, г
Конденсатор К78-26-250 В-1 мкФ+-5%-В ОЖО.461.160ТУ	8	21x9	189	Не более 10 г
Резистор С2- 29В-1-9,09 кОм+-1%-1,0-А ОЖО.467.099ТУ	1	8.5x18	153	Не более 3.5 г
Резистор С2- 29В-2-82,5 кОм+-1%-1,0-Б ОЖО.467.099ТУ	1	26x8.5	221	Не более 5 г
Резистор С2- 33Н-2-4.7 кОм+- 5%-А-Д-В ОЖО.467.093ТУ	4	16.9x7.5	126	Не более 3.5 г
Резистор С2- 29В-1-9,09 кОм+-1%-1,0-А ОЖО.467.099ТУ	1	8.5x18	153	Не более 3 г
Резистор С2- 29В-2-82,5 кОм+-1%-1,0-Б ОЖО.467.099ТУ	1	26x8.5	221	Не более 5 г

Продолжение таблицы 4

Резистор С2- 33Н-2-4.7 кОм+- 5%-А-Д-В ОЖО.467.093ТУ	4	16.9x7.5	126	Не более 3.5 г
Резистор С2- 29В-1-9,09 кОм+-1%-1,0-А ОЖО.467.099ТУ	1	8.5x18	153	Не более 3.5 г
Резистор С2- 29В-2-82,5 кОм+-1%-1,0-Б ОЖО.467.099ТУ	1	26x8.5	221	Не более 5 г
Резистор С2- 33Н-2-4.7 кОм+- 5%-А-Д-В ОЖО.467.093ТУ	4	16.9x7.5	126	Не более 3.5 г
Резистор С2- 29В-1-9,09 кОм+-1%-1,0-А ОЖО.467.099ТУ	1	8.5x18	153	Не более 3.5 г
Резистор С2- 29В-2-82,5 кОм+-1%-1,0-Б ОЖО.467.099ТУ	1	26x8.5	221	Не более 5 г
Резистор С2- 33Н-2-4.7 кОм+- 5%-А-Д-В ОЖО.467.093ТУ	4	16.9x7.5	126	Не более 3.5 г

Диод 2Д522Б дРЗ.362.029- 01ТУ	4	3.8x19	72.2	Не более 10 г
Гнездо Г1.6 ч ТУ6315-002- 07593842-97	12	Диаметр 1.6	2.0106	

В соответствии с данными таблицы 4 суммарная площадь занимаемая ЭРЭ для:

- Электрической микросхемы 12880.8 мм<sup>2</sup>;

Отсюда минимальная площадь монтажной зоны печатной платы рассчитываемая по формуле:

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

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:

- предварительного усилителя сигнала равна 18401.85 мм<sup>2</sup>;

Выбор типа печатных плат, их габаритов и материала основания

Учитывая, полученные на предыдущем этапе данные по  $S_p$ , а так же по результатам анализа ЧТЗ геометрические размеры печатных плат, а для унификации и для усилителя питания размеры печатных плат будут одинаковыми, выбираем следующие  $L = 233$ мм,  $B = 160$ мм. Ширину печатной платы  $B$  пришлось увеличить в связи с тем, что согласно ЧТЗ необходимо обеспечить механическое крепление к плате внешних кабелей в местах их пайки к контактам.

### 3.3 Расчет надежности

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 выполняются в соответствии с методами, изложенными в ГОСТ 27.301-95, ГОСТ РВ20.57.304-98, РД В5Р.8677-83 и 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 ЦНИИ МО РФ» 2006 г., который является официальным изданием Министерства обороны и отраслей промышленности.

Обобщенная математическая модель для расчета эксплуатационной интенсивности отказов  $\lambda$  каждого из ЭРИ имеет вид

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

где  $\lambda_6$  – базовая интенсивность отказов типа ЭРИ, приведенная к условиям номинальной электрической нагрузки при температуре окружающей среды +25 °С. Значения  $\lambda_6$  для основных типов ЭРИ приведены в справочнике;

$K_p$  – коэффициент режима, учитывающий изменение  $\lambda_6$  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).

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 °С 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 °С до +40 °С 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. 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  $\lambda_i$  – 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». 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

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

показателя безотказности.

Результат расчета безотказности устройства приведен в таблице 5.

Режим: Эксплуатация

Условия: группа 2.1.1, 2.1.2, 2.3.1, 2.3.2

Расчетная интенсивность отказов:  $1,918 \cdot 10^{-7}$  1/ч

Таблица 5

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				
2Д522Б	4	0,490	0,187	0,748
Знакосинтезирующие индикаторы				
ЗЛ336К-К/ПО	1	1,700	0,131	0,131
Резисторы				
С2-29В	1	0,410	0,025	0,025
С2-29В	1	0,410	0,025	0,025
С2-29В	4	0,410	0,025	0,098
С2-29В	1	0,410	0,025	0,025
С2-29В	1	0,410	0,025	0,025

Продолжение таблицы 5

C2-29B	4	0,410	0,025	0,098
C2-29B	1	0,410	0,025	0,025
C2-29B	1	0,410	0,025	0,025
Наименование	Кол, n шт.	$\lambda_б \cdot 10^7, 1/ч$	$\lambda_э \cdot 10^7, 1/ч$	$\lambda_э \cdot 10^7 \cdot n,$ 1/ч
C2-29B	4	0,410	0,025	0,098
C2-29B	1	0,410	0,025	0,025
C2-29B	1	0,410	0,025	0,025
C2-29B	4	0,410	0,025	0,098
Конденсаторы				
К78-2б	8	0,110	0,043	0,344
Соединители низкочастотные и радиочастотные				
СНП59	1	0,010	0,036	0,036
Платы с металлизированными сквозными отверстиями				
РППМ	1	1,700E-04	0,068	0,068

Таблица 5

В результате расчета получено значение интенсивности отказов  $\lambda = 1,9 \cdot 10^{-7}$  1/ч, что соответствует средней наработке на отказ  $T_0 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1,9 \cdot 10^{-7}} = 5000000$  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 6

ЭРИ	Минимальный срок сохраняемости, лет	95% ресурс, тыс. час.
3Л336К-К/ПО	25	120
2Д522Б	25	160
С2-29В	25	50
К78-26	20	60
СНП59	15	130

Таблица 6

Срок службы разработанного устройства будет определяться наименее долговечным элементом и составляет не менее 15 лет при среднем ресурсе не менее 50000 ч.

### 3.4 Компоновка и трассировка

Компоновка модуля 1 уровня. Модуль первого уровня представлен на рис. 11

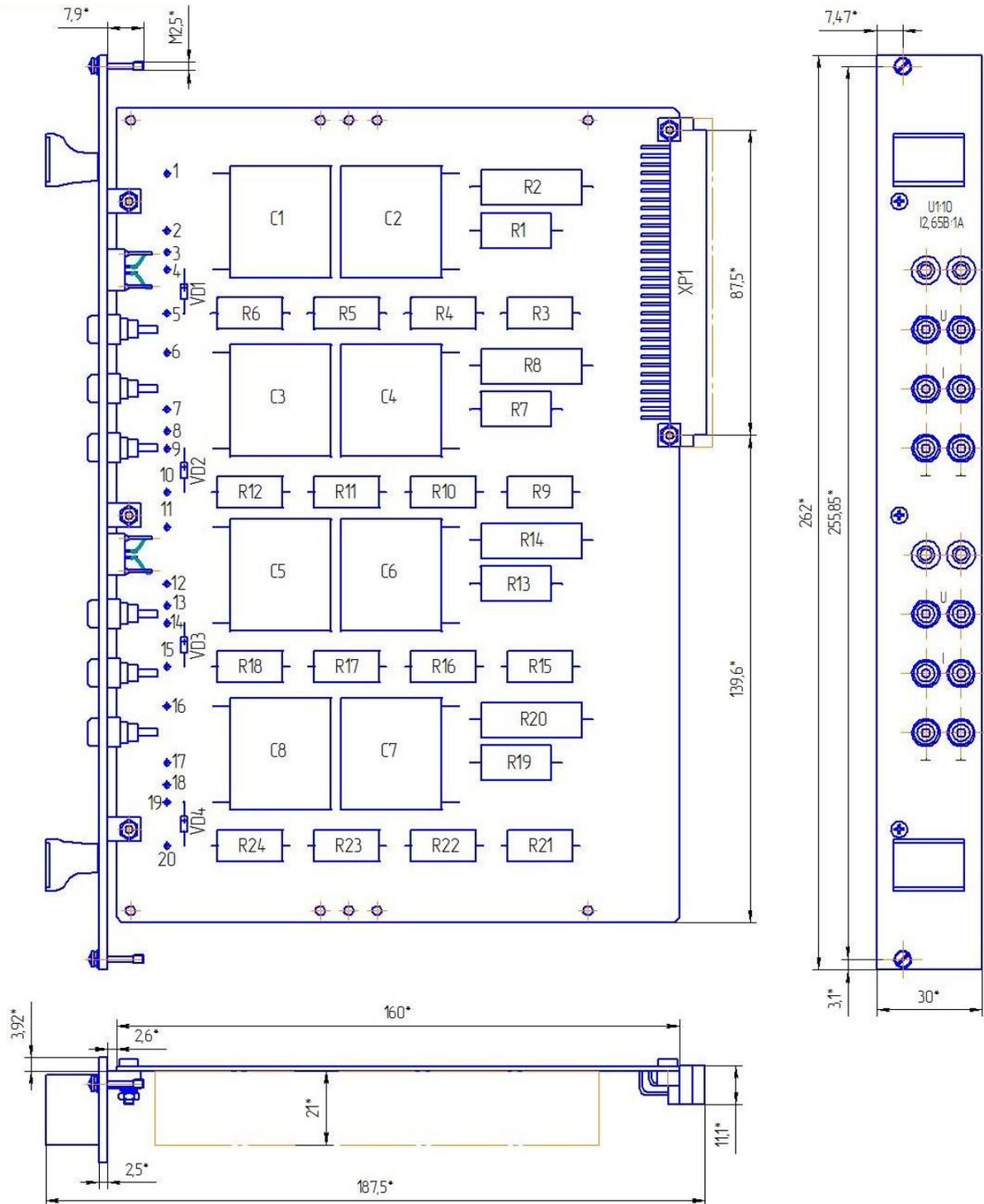
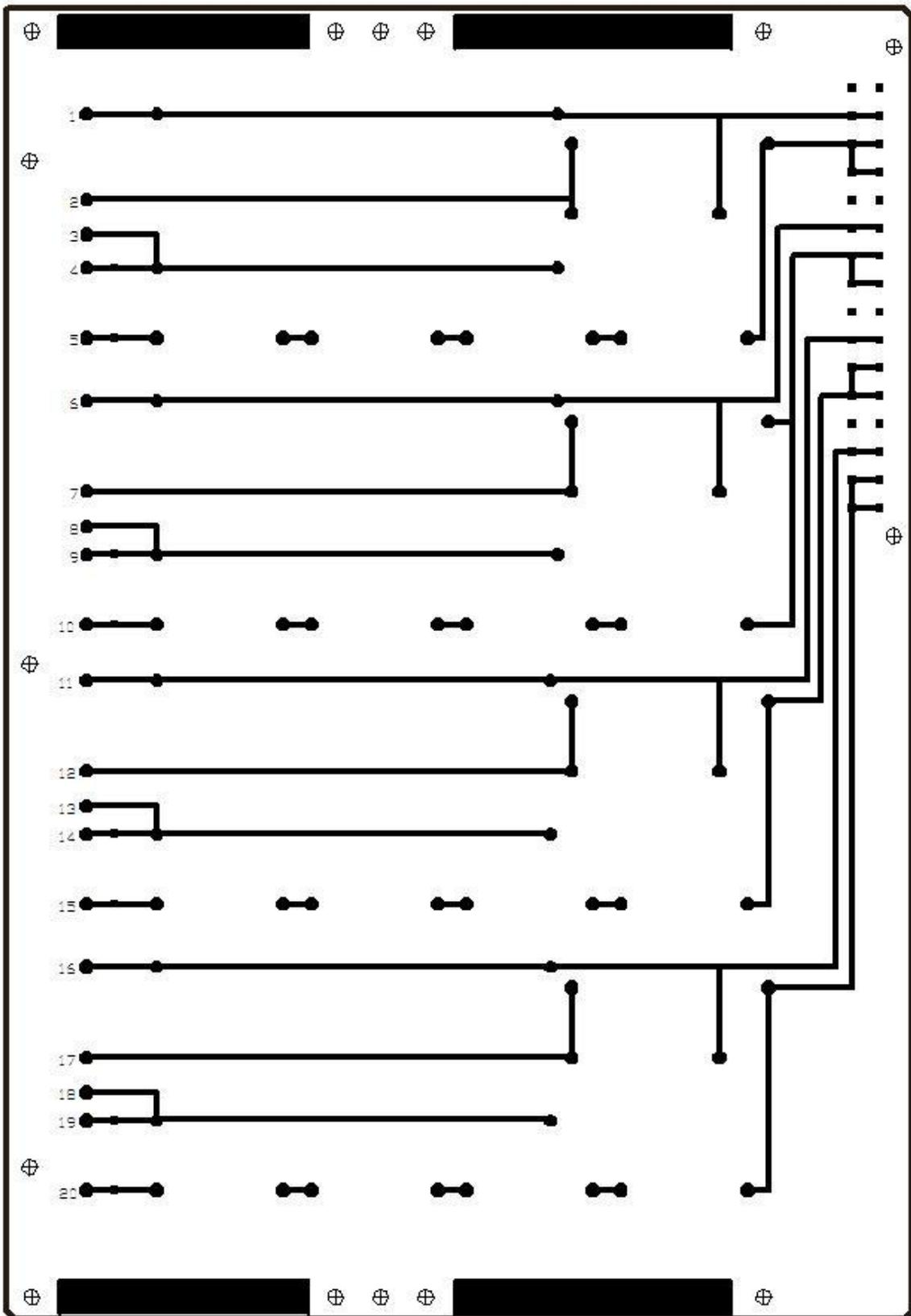


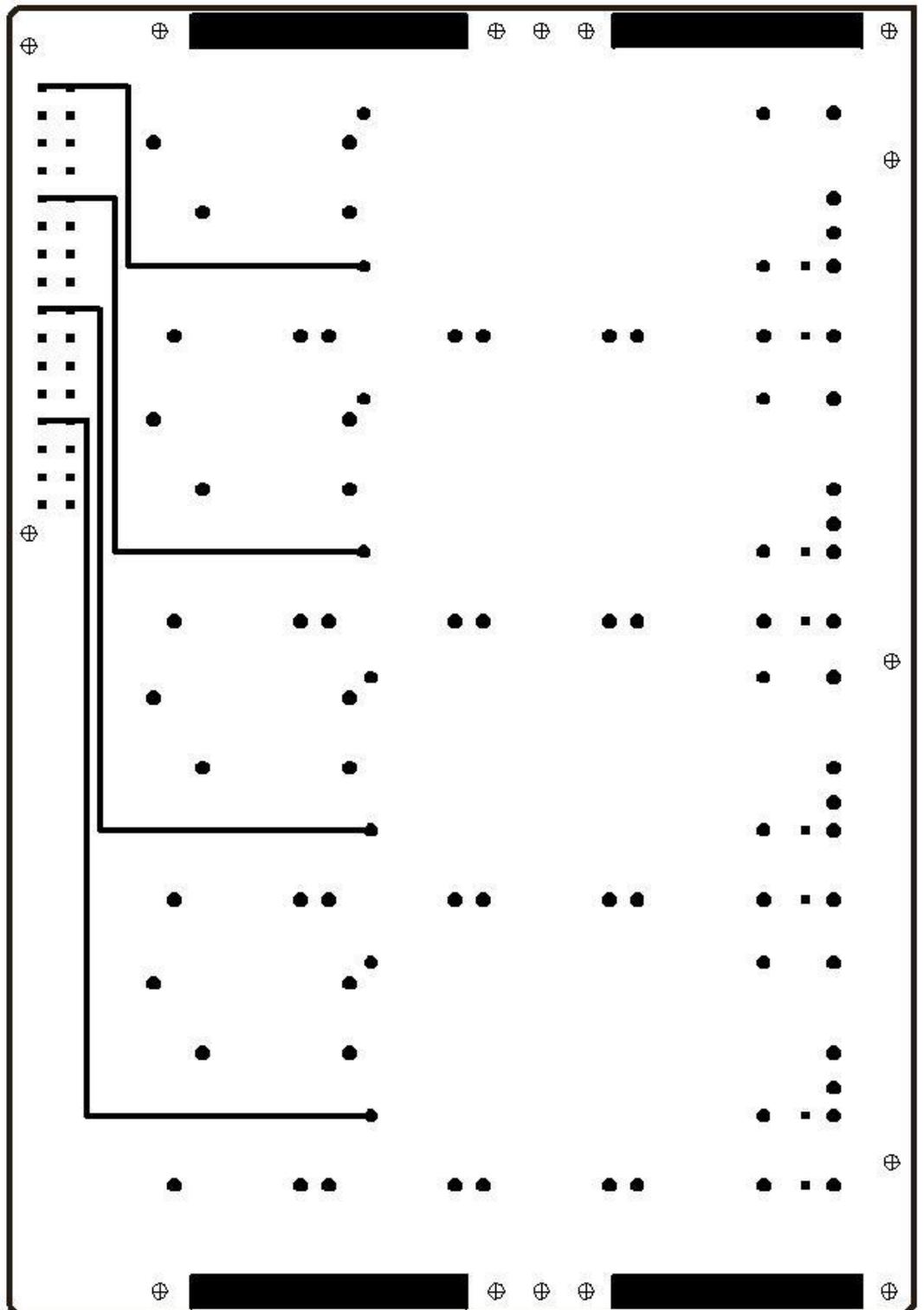
Рис. 11 Сборный чертеж модуля

Размещение электрорадиоэлементов и трассировка печатных проводников выполнялась в программе P-CAD.

A(1)



Б(1)



Топология лист 2

## Выводы

Исходными данными для проектирования изделия являлась электрическая схема и перечень элементов. На основании теоретического задания был спроектирован модуль усилителя сигналов первого уровня для ГАК ПЛ третьего и четвертого поколения.

Была рассчитана установочная площадь монтажной зоны для электрорадиоэлементов и взят модуль евростандарта для расположения на нем всех электрорадиоэлементов.

При помощи программы P-CAD была выполнена схема размещения электрорадиоэлементов и произведена трассировка печатных проводников.

На основе элементов исходных данных о составе произведены расчеты показателя надежности, безотказности и долговечности.

Данные модули предназначены для воздушной системы охлаждения, но так же могут быть размещены и в шкафах с воздушно-жидкостной системой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель: создание единых конструктивных модулей для различных систем охлаждения, для ГАК ПЛ третьего и четвертого поколения

1 Анализ несущих конструкций третьего уровня с точки зрения обеспечения охлаждения модулей блоков приборов подводных лодок третьего и четвертого поколения

Изучены и рассмотрены теоретические материалы по базовым несущим конструкциям. Выявлено что важным фактором при построении конструкции является соответствие всех требований предъявленных к данной аппаратуре.

Выявлены отличительные особенности в создании плат для воздушной и жидкостной системы охлаждения.

Например в воздушной системе в платах были отверстия через которые проходил воздух и охлаждал, а вот конструкция платы для жидкостной системы была с металлической пластиной, которая была расположена по всей поверхности платы и концами касалась змеевика, по которому поступала холодная вода.

Из всего вышесказанного можем понять, что конструкции не были унифицированы. К каждому шкафу были свои платы и модули, которые не взаимозаменяемые.

Так же была ещё одна проблема это очень большие габариты жидкостной системы охлаждения, она разбиралась на 3 части для того чтобы потом установиться на Пл. А так-же все это очень затратно по деньгам и по установки в ПЛ.

2 Создание унифицированной конструкции шкафа третьего уровня для применения на лодках с воздушной и жидкостной системой охлаждения.

В результате проектирования конструктива приборного шкафа была создана единая система охлаждения модуля 1го уровня воздушным потоком с помощью встроенных вентиляторов.

Универсальность конструкции заключается в том, что приборная часть может быть подключена к приточновытяжной системе охлаждения ПЛ 3го поколения, либо к жидкостной системе охлаждения на ПЛ 4го поколения.

Применение единых модулей первого уровня с воздушной системой охлаждения обеспечило упрощение конструкции печатных плат применяемых в модулях, а так-же снижение массы ГАК на ПЛ 4го поколения.

В связи с тем, что конструкция с воздушно-жидкостной системой охлаждения имеет закрытый контур оборота воздуха, было достигнуто необходимое снижение шума.

Данная конструкция позволяет с упреждением осуществить поставку комплекса на объекты, что обеспечивает сокращение цикла отгрузки изделия.

В первую очередь отправляется охладитель, чтобы его установили в зоне где будет стоять шкаф, а потом уже была поставка шкафа, после полной настройки и проверки

3 Создание унифицированного модуля первого уровня для приборов пл третьего и четвертого поколения

Исходными данными для проектирования изделия являлась электрическая схема и перечень элементов. На основании теоретического задания был спроектирован модуль усилителя сигналов первого уровня для ГАК ПЛ третьего и четвертого поколения.

Была рассчитана установочная площадь монтажной зоны для электрорадиоэлементов и взят модуль евростандарта для расположения на нем всехэлектрорадиоэлементов.

При помощи программы P-CAD была выполнена схема размещения электрорадиоэлементов и произведена трассировка печатных проводников.

На основе элементов исходных данных о составе произведены расчеты показателя надежности, безотказности и долговечности.

Данные модули предназначены для воздушной системы охлаждения, но так же могут быть размещены и в шкафах с воздушно-жидкостной системой.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Краузе В. «Конструирование приборов». Москва: «Машиностроение», 1987г.
2. Асёнов И. К., Мельников А. А. «Основы конструирования радиоэлектронных приборов». Учебник. Высшая школа, 1986г.
3. Статья из журнала Гидроакустика, выпуск 27(3) 2016г, Соколов Виктор Евгеньевич.
4. ГОСТ РВ 20.39.304-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам
5. ГОСТ 20.57.305-98 КСКК. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Методы испытаний на воздействие механических факторов.
6. ГОСТ РВ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)
7. ГОСТ РВ 14.201-83 Обеспечение технологичности конструкции изделий
8. ГОСТ РВ 20.39.303-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования к надежности.
9. ГОСТ РВ 20.39.309-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Конструктивно-технические требования
10. ГОСТ ВД 9.303-84 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические.
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.

