



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: «Анализ эргономических требований к системам отображения и документирования окружающей обстановки гидроакустических комплексов и разработка выносного дублирующего одноэкранного пульта»

Исполнитель: Лебедева Дарья Дмитриевна

Руководитель: кандидат технических наук, доцент

Соколов Виктор Евгеньевич

«К защите допускаю»

и.о. заведующего кафедрой: _____

кандидат географических наук, доцент

Фокичева Анна Алексеевна

«14» 06 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

И.о. заведующего кафедры МИС

к.г.н. Фокичева А.А. _____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

**«АНАЛИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ
ОТОБРАЖЕНИЯ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ
ОБСТАНОВКИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И
РАЗРАБОТКА ВЫНОСНОГО ДУБЛИРУЮЩЕГО ОДНОЭКРАННОГО
ПУЛЬТА»**

Направление подготовки – 17.03.01 «Корабельное вооружение»

Профиль - «Морские информационные системы и оборудование»

Исполнитель:

Лебедева Дарья Дмитриевна _____

Руководитель:

к.т.н., доцент Соколов Виктор Евгеньевич _____

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАБОЧИХ МЕСТ	7
1.1 Исследование системы требований стандартов по эргономике	
1.2 Специальные требования к системам отображения, регистрации и документирования информации	22
Выводы	29
2 ОБЗОР СИСТЕМ ОТОБРАЖЕНИЯ, РЕГИСТРАЦИИ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ	34
2.1. Анализ конструктивных решений	
2.2. Обзор существующих конструкций, отвечающих требованиям к системам отображения, регистрации и документирования информации	38
Выводы	52
3 РАЗРАБОТКА ВЫНОСНОГО ДУБЛИРУЮЩЕГО ОДНОЭКРАННОГО ПУЛЬТА	55
3.1 Назначение выносного дублирующего одноэкранный пульт и расчеты показателей надежности и рабочих тепловых режимов	
3.2 Проектирование корпуса выносного дублирующего одноэкранный пульт	65
Выводы	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	78

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ЭВМ - электронно-вычислительная машина

ГАС - гидроакустическая система

ГАК - гидроакустический комплекс

СОРД - система отображения, регистрации и документирования информации

НК - надводный корабль

ВКР - выпускная квалификационная работа

СОИ - средства отображения информации

ОУ - органы управления

ПУ - пульт управления

СТВР - спирально-тросовые виброизоляторы рядные

ЭРИ - электрорадиоизделие

ТУ - технические условия

АСРН - автоматизированная система расчета надежности

РЭА - радиоэлектронная аппаратура

ВВЕДЕНИЕ

Уже давно людям стало понятно, что орудия труда должны иметь удобную для работы форму увеличивая при этом возможности человека. В доисторические времена от удобства орудий труда и их соответствия потребностям человека зависела его жизнь, т.к. плохо сконструированное и изготовленное оружие не могло быть достаточно эффективно применено на охоте, что вело к гибели охотника. Позднее люди стали обращать внимание и на внешнее оформление изделий. У древних мастеров были тесно связаны красота и польза, форма и содержание изделия [1].

С появлением машин производительность труда стала зависеть от согласования характеристик машин возможностями человека.

В период становления кибернетики появилось мнение, что все человеческие функции можно передать электронно-вычислительной машине (ЭВМ). Но это оказалось не так из-за различия возможностей человека и ЭВМ.

Человек и машина дополняют друг друга по своим возможностям. Если в процессе совместной работы параметры машины не соответствуют параметрам человека, то повышается и утомляемость, растет число ошибок и травм.

Установлением взаимосвязи параметров человека и машины занимается эргономика и ее раздел - инженерная психология. Эргономика - научная дисциплина, комплексно изучающая человека (группу людей) в конкретных условиях его (их) деятельности, связанной с использованием машин (технических средств). Человек, машина и среда рассматриваются в эргономике как сложное, функциональное целое, в котором ведущая роль принадлежит человеку. Инженерная психология – отрасль науки, изучающая деятельность человека в системе управления и контроля, его информационное взаимодействие с техническими устройствами этих систем. Объектом изучения инженерной психологии является сенсорный вход (органы чувств), моторный выход (двигательный аппарат) человека-оператора, процессы

переработки информации в нормальных и критических условиях его жизнедеятельности.

Реализацией эргономических требований художественными средствами занимается другая отрасль науки - дизайн, еще называемый технической эстетикой. Под дизайном понимаются различные виды проектировочной деятельности, имеющие целью формирование эстетических и функциональных качеств предметной среды.

Существует несколько видов совместимости человека и машины:

- антропометрическая совместимость (учёт размеров человеческого тела);
- сенсомоторная совместимость (учет скорости моторных операций и сенсорных реакций);
- энергетическая совместимость (учёт усилий, прилагаемых к органам управления);
- психофизиологическая совместимость (учёт реакции человека на цветовую гамму, форму и другие эстетические параметры машины).

Исследования эргономики основаны на определении закономерностей психологических и физиологических процессов, которые лежат в основе трудовой деятельности. Эргономика позволяет путем оптимизации условий труда повысить трудовую эффективность.

Немалый вклад в эффективность работы корабельных гидроакустических систем (ГАС) вносят средства отображения информации (визуальные и слуховые). Решением задач обнаружения сигналов, опознаванием гидроакустических образов и анализом гидроакустических сцен занимается человек-оператор гидроакустического комплекса (ГАК), что объясняется уникальными возможностями зрительного, а также слухового анализаторов человека.

Аппаратура систем отображения, регистрации и документирования информации (СОРД) оформляется в виде пультов. На этапе конструирования

для них необходимо учитывать эргономические требования и требования технической эстетики.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что в настоящее время существует большое количество фирм, занимающихся продажей СОРД, и с помощью эргономического подхода к проектированию становится возможным создать конкурентоспособное, удобное и эстетичное изделие. Так как взаимодействие человек-машина существует практически в любой сфере деятельности, для обеспечения продуктивной работы необходимо, чтобы это взаимодействие было максимально комфортным.

В особенности в случае с гидроакустическими системами. Человек-оператор проводит много времени за рабочим местом, его работа требует внимания, а усталость сказывается негативно на результатах работы ГАК (например, неправильная классификация цели), в боевых условиях это становится вопросом жизни и смерти. Чтобы, при нахождении на рабочем месте длительное время, оператор мог в должной мере выполнить свою работу, ему необходимо обеспечить комфортные условия, с учетом его возможностей и потребностей, чем и занимается эргономика. Поэтому эргономика и ее требования к СОРД являются актуальной темой.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка эргономических требований к системам отображения, регистрации и документирования гидроакустических комплексов надводных кораблей (НК) и разработка выносного дублирующего одноэкранный пульта, отвечающего этим требованиям.

Объект исследования – эргономика ГАК надводных кораблей.

Предмет исследования – эргономические характеристики СОРД.

Задачи исследования:

- анализ эргономических требований при проектировании рабочих мест;
- системы отображения, регистрации и документирования информации;
- разработка выносного дублирующего одноэкранный пульта.

1 АНАЛИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАБОЧИХ МЕСТ

1.1 Исследование системы требований стандартов по эргономике

В достаточно простых корабельных гидроакустических системах недостатки проектирования СОРД можно устранить с помощью опыта их эксплуатации, а в сложных системах, которым является современный многофункциональный ГАК, такой подход практически невозможен, из-за чего необходимо соблюдать эргономические требования еще на ранних этапах проектирования.

Использование достижений эргономики при проектировании аппаратуры и условий ее функционирования способствует повышению эффективности и качества труда, удобства эксплуатации и обслуживания аппаратуры, улучшению условий труда, экономии затрат физической и нервно-психической энергии человека-оператора [2].

Эргономический подход к проектированию должен быть ориентирован на человека, т.е. все проектируемые компоненты изделия приводят в соответствие с характеристиками предполагаемых пользователей (операторов), а не подбирают людей так, чтобы их характеристики соответствовали изделию. Пространственная компоновка рабочего места, величина силы воздействия на органы управления (ОУ), параметры обзорности определяются положением тела работающего. Каждое из положений характеризуется определенным расходом энергии.

Существуют эргономические показатели конструкции:

- гигиенические (освещенность, вентилируемость, температура, напряженность электрического и магнитного полей, токсичность, шум, вибрация);
- антропометрические (соответствие конструкции изделия размерам и форме человеческого тела и его частей, контактирующих с изделием);

- физиологические и психофизиологические (соответствие конструкции изделия силовым, скоростным, зрительным возможностям человека);

- психологические (соответствие конструкции изделия возможностям восприятия и переработки информации, закрепленным и вновь формируемым навыкам человека).

Эргономические показатели человека служат для оценки согласованности его возможностей с требованиями, обусловленными особенностями техники и средой обитания. Выполнение человеком своих функций происходит на рабочем месте, под которым понимается зона, оснащенная необходимыми техническими средствами. Рабочее место должно быть приспособлено для конкретного вида труда и для работников определенной квалификации.

Проектирование аппаратуры морской техники неразрывно связано с эргономическим обеспечением деятельности человека-оператора [3].

Программа эргономического обеспечения является обязательным документом, устанавливающим комплекс организационно-технических мероприятий и работ, подлежащих выполнению в процессе создания изделий и их составных частей.

В результате выполнения мероприятий эргономического обеспечения должны быть выполнены заранее заданные эргономические требования, и разработан комплекс мероприятий по формированию и поддержанию требуемой работоспособности специалистов.

Ответственными за разработку и выполнение программ эргономического обеспечения являются главные конструкторы. А также за выполнение работ, предусмотренных в программе эргономического обеспечения.

Обоснование эргономических требований осуществляется в результате анализа назначения, условий эксплуатации, режимов функционирования аппаратуры в соответствии с возможностями человека.

Выбор состава эргономических требований проводят в следующем порядке:

- анализ назначения изделия, климатических зон использования и условий применения;

- анализ задач, для выполнения которых предназначена аппаратура;

- определение возможного режима работы;

- определение предполагаемой роли оператора при выполнении задач;

- определение сложности решаемых задач, тяжести физической и напряженность умственной деятельности операторов на основе данных эксплуатации прототипов и аналогов аппаратуры;

- определение и анализ факторов, влияющих на качество деятельности и здоровье операторов;

- установление состава эргономических требований, требований по обитаемости и эстетических требований к группам изделий и материалов с целью оптимизации их параметров, процессов и условий их эксплуатации, а также профессиональных качеств операторов, необходимых для планового функционирования изделия.

При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины - общие средние показатели женщин и мужчин.

Уровень эстетики аппаратуры определяет удовлетворение требования к отражению современного представления об эстетической ценности форм аппаратуры. Соответствие формы аппаратуры ее функционально-техническому назначению представляет собой соответствие композиционных средств и самой формы функциональным особенностям конструкции, технологии изготовления, применяемым материалам, эргономическим требованиям, а также уровень информативности формы и ее элементов.

При тщательном выполнении видимых элементов формы и качественном защитно-декоративных покрытии становится возможным создать эстетически выразительный внешний вид аппаратуры с высоким качеством исполнения поверхностей и промышленной графики.

Для выполнения эргономических требований нужно обеспечивать: рациональную и устойчивую рабочую позу оператора, экономию физических усилий при эксплуатации, проведение профилактики и ремонта изделий, равномерное распределение физической нагрузки на различные части тела оператора.

В настоящее время существует большое количество эргономических стандартов, которые разработаны с учетом принципов и концепций эргономики, а также являются основополагающими для эргономического подхода к проектированию.

Термины и определения основных понятий в области системы "человек-машина" и ее эргономического обеспечения устанавливает ГОСТ 26387-84 «Система "человек-машина". Термины и определения» [4].

ГОСТ Р ЕН 614-1-2003 «Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Часть 1. Термины, определения и общие принципы» [5]. В стандарте приведены эргономические принципы, которые следует применять в процессе конструирования.

К этим принципам относятся:

- Конструирование с учетом антропометрии и биомеханики (размеры, поза и движение тела, физическое усилие);
- Конструирование с учетом умственных способностей;
- Конструирование индикаторов, сигнальных устройств и органов управления;
- Взаимодействие с физическими рабочими условиями;

К рабочим условиям относятся: шум и вибрация, тепловое излучение, освещение (которое должно исключать принятие оператором неестественных поз), опасные материалы и излучения.

Эргономические принципы, методы и данные имеют непосредственное отношение ко всем стадиям создания и использования систем: анализу, проектированию, разработке, испытаниям, оценке, функционированию оборудования [6].

ГОСТ Р ИСО 14738-2007 "Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин" [7] является одним из нескольких эргономических стандартов. Стандарт основан на современных эргономических знаниях и антропометрических размерах.

Стандарт содержит информацию об определении основной рабочей позы и антропометрических данных. Антропометрические данные получают, измеряя данные человека, находящегося в неподвижном состоянии, без одежды, и не принимая во внимание движение тела, одежду, оборудование или состояние окружающей среды. Чтобы избежать дискомфорта, вызванного сидением в фиксированном положении в течение долгого промежутка времени, конструкция рабочего места должна допускать изменение позы оператора.

При проектировании рабочего места следует учитывать:

- угол обзора;
- расстояние до объекта;
- легкость зрительного различения;
- длительность и частоту задачи;
- любые специальные ограничения, например ношение очков или средств защиты глаз.

ГОСТ 20.39.108-85 «Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора» [8] описывает требования направленные на повышение эффективности деятельности и сохранение здоровья оператора. Стандарт содержит информацию об эргономических требованиях, требованиях по обитаемости, требованиях технической эстетики, а также о порядке выбора состава этих требований.

В нем говорится, что эстетические требования должны соответствовать эргономическим требованиям и дополнять их для создания психологического и бытового комфорта.

Эргономические требования должны обеспечивать оптимальное сочетание визуальных, акустических, тактильных и других видов сигналов для быстрого и надежного их обнаружения, различия и опознания в различных условиях деятельности.

Требования по обитаемости включают в себя требования к воздействиям на оператора вредных физических, химических и биологических факторов на рабочих местах.

Эстетические требования должны обеспечивать единство строения изделий, применяющихся совместно. При соблюдении эстетических требований можно улучшить восприятие оператором замкнутого пространства и уменьшить неблагоприятные ощущения, возникающие в процессе эксплуатации.

Номенклатура эргономических требований и их характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Требования к техническим средствам деятельности оператора

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Конструкции и компоновке рабочего места оператора (операторов)	Устанавливают: соответствие рабочего места функциям оператора и условиям его деятельности; формы и размеры замкнутых рабочих пространств; основную рабочую позу оператора; конструкцию и расположение осветительной аппаратуры; конструкцию и расположение элементов фиксации положения оператора в различных зонах рабочего места; удобство и безопасность доступа оператора к зонам обслуживания и возможного ремонта;

Продолжение табл.1.

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Форме, расположению, размерам приборных панелей и пультов управления	Устанавливают: формы приборных панелей и пультов; взаимное расположение панелей; высоту и ширину приборных панелей и пультов; размеры пространства для ног; углы наклона панелей
Обзорности приборных панелей и пультов управления	Устанавливают: углы обзора панелей по горизонтали и вертикали; углы наблюдения элементов приборных панелей и пультов с учетом их степени важности и частоты пользования
Достигаемости органов управления	Устанавливают: оптимальные и предельные расстояния до органов управления различных типов, степеней важности и частоты использования от точки опоры локтевого или плечевого суставов оператора; расположение органов управления относительно плоскости симметрии тела оператора
Размещению и группированию элементов приборных панелей и пультов управления	Устанавливают: размеры зон размещения средств отображения информации (СОИ) и ОУ различной степени важности и частоты использования; способы группирования и выделения функциональных зон и блоков; направления и последовательность расположения функциональных блоков и элементов; расположение связанных относительно друг друга СОИ и ОУ
Средствам отображения визуальной информации	Устанавливают: размеры и конфигурации знаков, сигналов, надписей; углы их обзора и расстояния наблюдения; типы контраста изображений и окружающего их фона; цвета свечения световых изображений; помехозащищенность знаков синтезирующих индикаторов; условия внешней освещенности изображений
Средствам акустической информации	Устанавливают: типы сообщения (звонок, сирена, речь) и его характер

Продолжение табл.1.

Номенклатура эргономических требований	Характеристика эргономических требований
Визуальным оптическим приборам получения информации	Устанавливают: значения увеличения оптических приборов для наблюдения и рассмотрения объектов, пределы регулирования фокусировки; допустимые искажения изображения; цвета и диапазоны регулирования подсветок; качество светофильтров; способы защиты зрения оператора от световых вспышек
Органам управления	Устанавливают: соответствие характера управляющего движения функциональному состоянию управляемой системы; конфигурацию, форму, размеры ОУ в соответствии с их назначением; усилия перемещения, нажатия, вращения ОУ; качество и места расположения надписей (символов) на ОУ
Креслу оператора	Устанавливают: формы и размеры кресла; способы крепления к полу; способы регулирования высоты сидения; угла наклона спинки и сидения; способы ослабления воздействия вибраций и ударных нагрузок и способы жесткой фиксации тела оператора

Правильная организация рабочего места подразумевает знание и выполнение эргономических требований.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сидение, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и технологическим требованиям, а также характеру работы [9].

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [10] устанавливает эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя. Стандарт содержит информацию о

размерных характеристиках рабочего места, требованиях к размещению органов управления и средств отображения информации.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение элементов (сиденье, органы управления, дисплеи) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям (рис. 1).

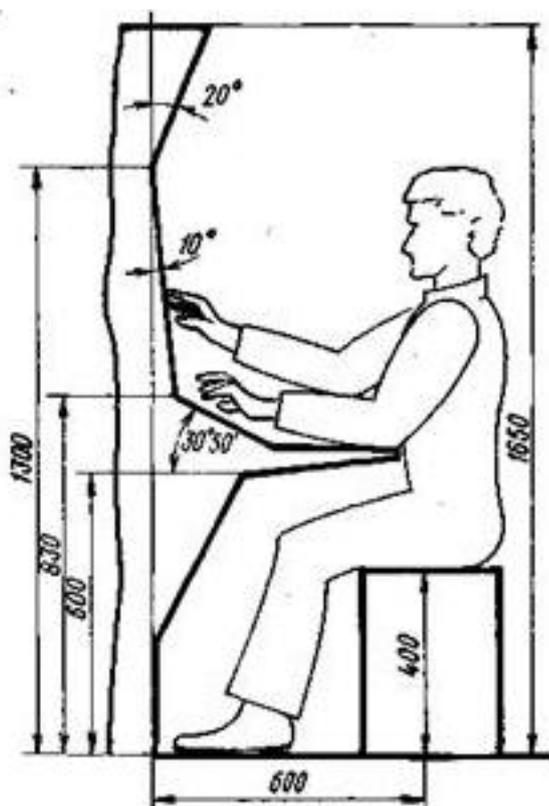


Рисунок 1 Вертикальные размеры пульта при работе оператора сидя

Конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение работы в зонах досягаемости (рис. 2,3). Эти зоны определяют моторное поле, которое в свою очередь делится на три зоны: оптимальной досягаемости, соответствующей движениям рук с опертыми локтевыми суставами; легкой досягаемости, соответствующей расслабленным рукам при их движении в локтевых суставах; досягаемости моторного поля, соответствующей движениям в плечевом суставе полностью вытянутых рук.

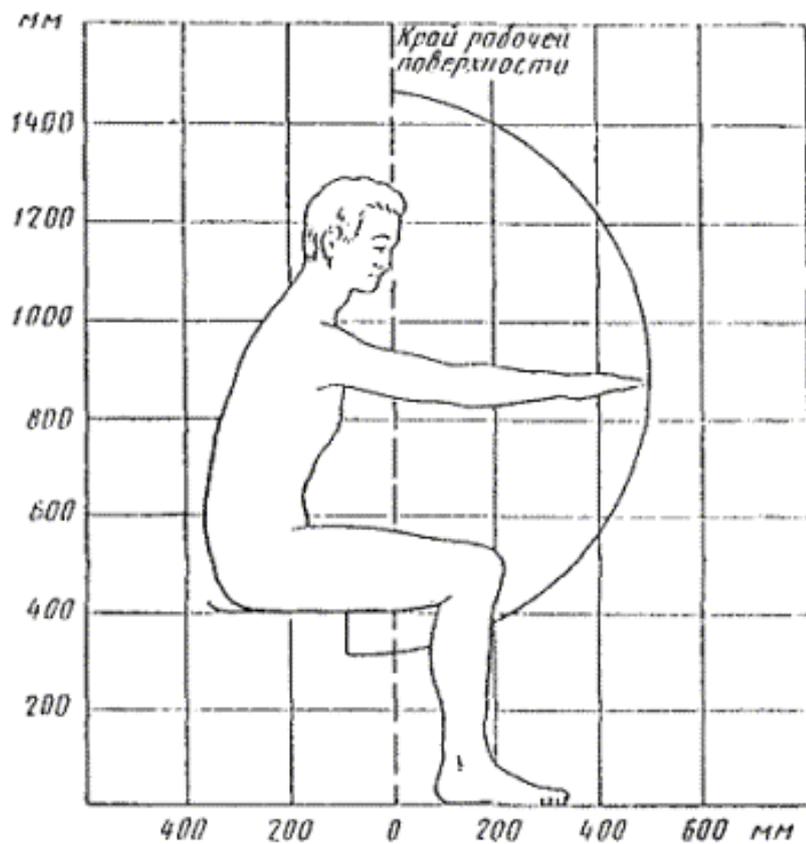


Рисунок 2 Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

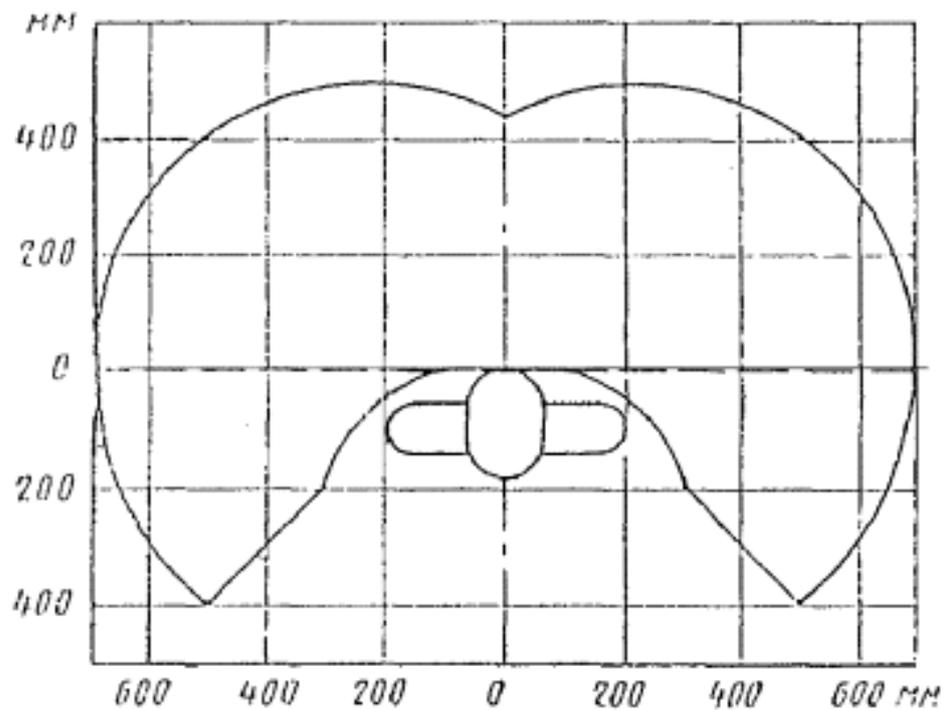


Рисунок 3 Зона досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости

Выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля, приведенных на рис. 4. Частоту выполнения операций принимают: очень часто (две и более операций в минуту); часто (менее двух операций в минуту, но более двух операций в час); редко (не более двух операций в час).

На рис. 4: 1 - зона для размещения наиболее важных и очень часто используемых органов управления (оптимальная зона моторного поля); 2 - зона для размещения часто используемых органов управления (зона легкой досягаемости моторного поля); 3 - зона для размещения редко используемых органов управления (зона досягаемости моторного поля).

Очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости (рис. 5,6).

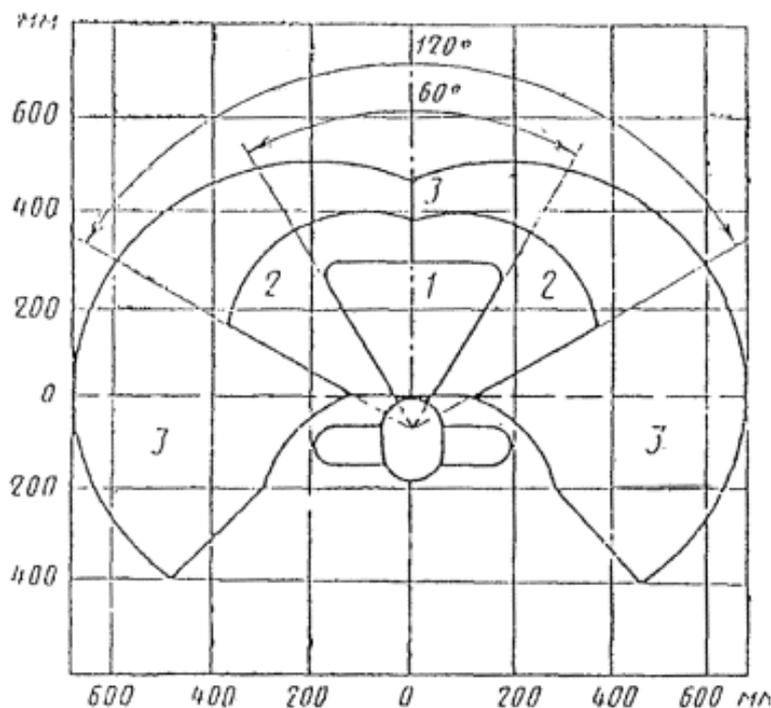


Рисунок 4 Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления

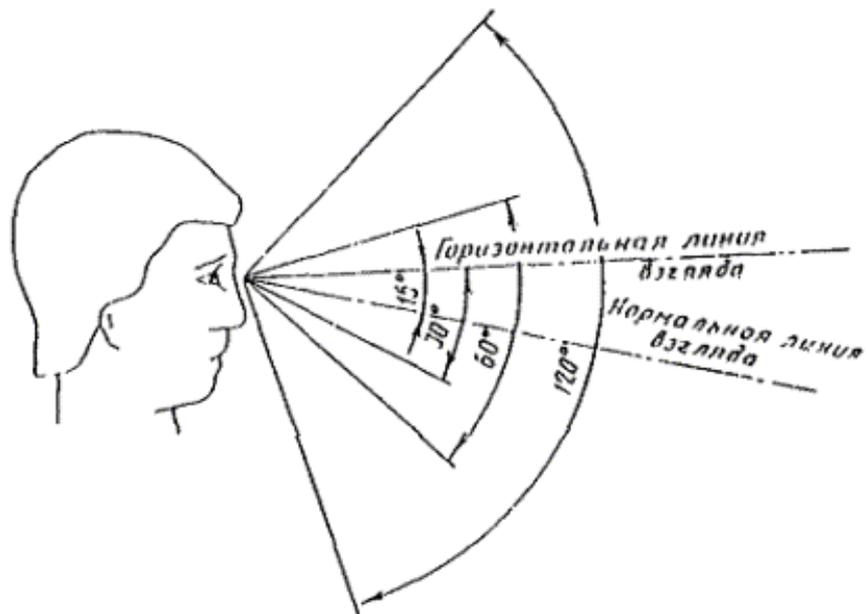


Рисунок 5 Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

Часто используемые средства отображения информации, требующие менее точного и быстрого считывания показаний, допускается располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от сагиттальной плоскости.

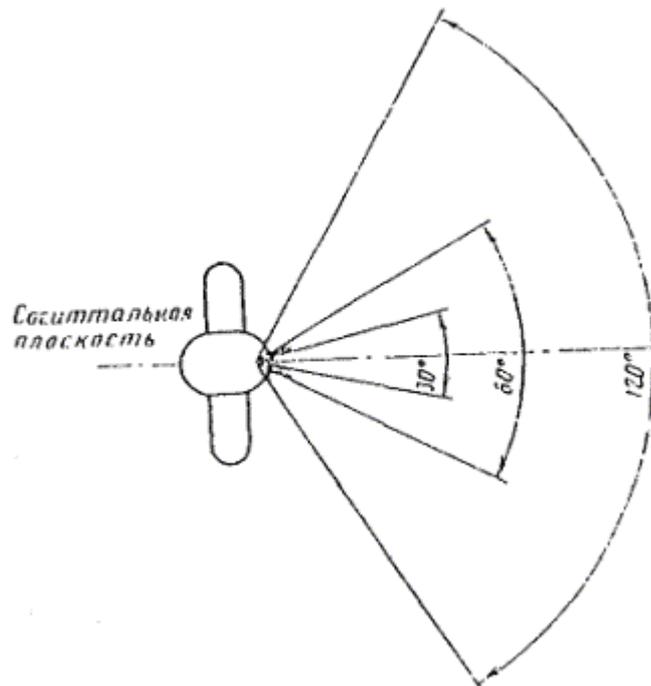


Рисунок 6 Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости

Редко используемые средства отображения информации допускается располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 60^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 60^\circ$ от сагиттальной плоскости (при движении глаз и повороте головы).

ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком» [11] предназначен для применения при проектировании дисплеев (устройств отображения и воспроизведения информации) и механизмов управления машин. Настоящий стандарт устанавливает общие принципы взаимодействия оператора с дисплеями и механизмами управления, позволяющие минимизировать ошибки оператора и обеспечить эффективное взаимодействие между оператором и оборудованием.

Взаимосвязанные механизмы управления и дисплеи должны быть расположены рядом, чтобы для оператора была отражена связь выполняемых ими операций.

Интерфейс человек-машина должен быть информативным. Это означает, что оператор может легко идентифицировать отдельные дисплеи и механизмы управления и понимать основной процесс.

Дисплеи должны быть расположены так, чтобы они всегда находились в пределах поля зрения оператора.

Иногда от оператора требуется выполнение нескольких операций одновременно. Оптимизировать такие действия можно с помощью:

- компактного пространственного расположения дисплеев, а также объединение их в группу, что способствует параллельной обработке информации;

- использования дисплеев, ориентированных на различные типы восприятия, так как предполагается, что они привлекут различные ресурсы внимания.

СОРД может иметь звуковой индикатор неречевых сообщений (звонков, свистков). На его выбор влияет возможность выделения сигнала при высоком

уровне шума, быстроты реакции человека на звуковой сигнал, исключения возможности маскировки его другими предупредительными звуковыми сигналами и уменьшения раздражающего воздействия звукового сигнала (громкость тона, длительность звучания) на человека.

При кодировании зрительная информация должна максимально быстро быть принята и обработана оператором. Выполнение операций зрительного поиска, обнаружение и опознавание сигнала обеспечивается максимальной скоростью.

Надписи не должны исказить смысл информации при максимальной краткости. Выбираются они в зависимости от: времени, которым располагает оператор, расстояние считывания, уровня освещенности, важности функции, к которой относится надпись.

При проектировании рабочей поверхности необходимо обеспечить возможность быстрой и легкой уборки. Также, если части тела оператора соприкасаются с этой поверхностью, ее следует изготавливать из материалов, обладающих низкой теплопроводностью.

Так как правая рука, как правило, более развита и приспособлена для точных движений, то и для управления предпочтительней правая сторона рабочей панели.

На первом этапе конструирования необходимо составлять траектории экономных движений оператора.

В случаях если аппаратура в процессе эксплуатации располагается на близком расстоянии от оператора, то насыщенность цвета окраски должна быть невысокой.

Работа СОРД в ГАК не возможна без органов управления. Они, как правило, располагаются на лицевой панели совместно в определенных зонах или секторах. При выборе органов управления учитываются: типы управляющих воздействий (дискретные, непрерывные), наличие внешних сил (вибраций ускорений, невесомостей), специальная одежда, условия освещенности, скорость и точность осуществления управляющих воздействий.

Общие требования к взаимному расположению элементов рабочего места (пульт управления, средство отображения информации, органы управления, кресло, вспомогательное оборудование) – по ГОСТ 22269-76 «Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования»

Настоящий стандарт распространяется на рабочие места операторов и устанавливает общие эргономические требования. Он содержит общие требования, требования к размещению органов управления, требования к размещению средств отображения информации.

При работе двумя руками органы управления размещаются так, чтобы не было перекрещивания рук.

Для СОРД существуют требования к цветовому оформлению аппаратуры.

В них говорится о том, что при выборе цветового оформления необходимо учитывать: для чего предназначено изделие; продолжительность и характер работы оператора, климатические условия эксплуатации аппаратуры, форму и размеры помещения и размещенной в нем аппаратуры, характеристики светильников, условия зрительной работы и т.д.

Требованиям технической эстетики ко всей аппаратуре и ее частям соответствует выбор художественного решения, на основе которого определяется цветовое оформление.

Общее число различных по цвету надписей или символов на одном приборе не должно превышать пяти.

При большом количестве органов управления и средств отображения информации различного функционального назначения на лицевых панелях необходимо прибегнуть к цветовому выделению зон.

Лицевые панели должны иметь матовое или полуматовое покрытие, чтобы избежать возникновения бликов.

Рассмотренные общие эргономические требования к рабочим местам важно учитывать эти требования на ранних этапах проектирования рабочего

места; в настоящее время существует множество стандартов, содержащих рекомендации к проектированию с учетом эргономики. Были проанализированы конкретные эргономические стандарты. Рассмотрены требования к таким частям СОРД, как органы управления, дисплей, рабочая зона, кресло.

1.2 Специальные требования к системам отображения, регистрации и документирования информации

СОРД делятся по виду задач, которые решает оператор, характеру, содержанию и объему информации, которая требуется для решения, а также по требуемой точности и скорости приема информации.

Пульт ГАК может иметь одну или несколько индикаторных консолей с дисплеями для операторов (в зависимости от их числа) и специальную консоль, с помощью которой можно контролировать и координировать работу операторов.

Аппаратуру морской техники в зависимости от назначения и условий эксплуатации классифицируют по группам исполнения. СОРД входят в группу исполнения аппаратуры 2.1.1 для надводных кораблей и 2.3.1 для подводных лодок. Такая аппаратура устанавливается в специальных помещениях, рубках, центральных постах управления и жилых помещениях. Конструкция прибора должна позволять осуществлять: его транспортирование в люк со скругленными углами, имеющий размеры диаметр 600, 594 мм; установку на вертикальную либо горизонтальную несущую поверхность.

ГОСТ РВ 20.39.304-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам» [13].

Настоящий стандарт устанавливает классификацию, номенклатуру, характеристики и значения технических требований к аппаратуре по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействующим факторам (механическим,

климатическим, биологическим и специальным средам) в соответствии с условиями их применения в составе объектов вооружения и военной техники.

Значения характеристик внешних факторов, действующих на аппаратуру, устанавливаются в соответствии с группой.

Аппаратуру морской техники в зависимости от назначения и условий эксплуатации классифицируют по группам и группам исполнения, приведенным в табл. 2.

Таблица 2 - Аппаратура морской техники

Группа аппаратуры	Назначение аппаратуры	Группа исполнения аппаратуры	Условия размещения аппаратуры на объекте
2.1	Аппаратура надводных кораблей	2.1.1	Аппаратура, устанавливаемая в специальных помещениях, рубках, центральных постах управления и жилых помещениях
		2.1.2	Аппаратура, устанавливаемая в трюмах, отсеках и машинно-котельных помещениях
		2.1.3	Аппаратура, устанавливаемая на открытых палубах вне помещений
		2.1.4	Аппаратура, устанавливаемая непосредственно на двигателях
		2.1.5	Аппаратура, работающая непосредственно в воде (за бортом и в затопляемых помещениях), в том числе буксируемая и опускаемая в воду

Продолжение табл. 2.

Группа аппаратуры	Назначение аппаратуры	Группа исполнения аппаратуры	Условия размещения аппаратуры на объекте
		2.2.2	Аппаратура, устанавливаемая на открытых постах вне помещений
		2.2.3	Аппаратура, устанавливаемая непосредственно на двигателях
		2.2.4	Аппаратура, работающая непосредственно в воде, в том числе буксируемая и опускаемая в воду
2.3	Аппаратура подводных лодок	2.3.1	Аппаратура, устанавливаемая в специальных помещениях, рубках, центральных постах, постах управления и жилых помещениях
		2.3.2	Аппаратура, устанавливаемая в необслуживаемых отсеках, помещениях, трюмах, выгородках вспомогательных механизмов, а также во всплывающих спасательных устройствах
		2.3.3	Аппаратура, устанавливаемая в энергетических отсеках
		2.3.5	Аппаратура, работающая непосредственно в воде (за бортом и в затопляемых помещениях), в том числе буксируемая и опускаемая в воду

Продолжение табл. 2.

Группа аппаратуры	Назначение аппаратуры	Группа исполнения аппаратуры	Условия размещения аппаратуры на объекте
		2.4.2	Аппаратура, устанавливаемая на открытых постах вне помещений, в концевых отсеках крыльев и стабилизаторов
		2. 4.3	Аппаратура, устанавливаемая непосредственно на двигателях
		2.4.4	Аппаратура, работающая непосредственно в воде, в том числе буксируемая и опускаемая в воду
2.5	Аппаратура неподвижных и ограниченно подвижных средств	2.5.1	Аппаратура средств, устанавливаемых с надводных кораблей, подводных лодок, катеров и кораблей на подводных крыльях и воздушных подушках
2.6	Аппаратура реактивных глубинных бомб, торпед и противолодочных ракет	2.6.1	Аппаратура объектов, выстреливаемых (сбрасываемых) с надводных кораблей и подводных лодок
		2.6.2	Аппаратура объектов, выстреливаемых (сбрасываемых) с воздушных летательных аппаратов

В ГОСТ РВ.20.39.309-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Конструктивно-технические требования» [14] описываются основные

требования, которым должна соответствовать аппаратура, в том числе и к компоновке рабочего места человека-оператора. Также имеются требования к рабочей среде деятельности человека-оператора, к рабочей деятельности, к профессиональным качествам.

Аппаратура должна разрабатываться с учетом модульного принципа конструирования, принципов стандартизации и унификации.

Также там говорится об обеспечении рабочим местом оператора возможности быстрого его занятия в случае необходимости. Своевременное и точное выполнение операций по целевому назначению в заданных условиях эксплуатации и наличие приемлемых связей (физических, зрительных и слуховых) между оператором и аппаратом, а также между оператором и оператором являются немаловажными пунктами при конструировании и указаны в этом стандарте.

Конструкция аппаратуры не должна иметь механических резонансов в диапазоне частот 35-60 Гц для групп 2.1 и 2.3 и до 25-40 Гц для остальных групп аппаратуры.

Конструкция аппаратуры должна быть ремонтпригодной.

В тех случаях, когда аппаратура должна быть защищена от вибраций и ударов, должна быть обеспечена амортизация.

Органы управления и настройки не должны произвольно изменять своего положения в условиях эксплуатации.

Требования к габаритным размерам и массе. Масса отдельных узлов и блоков аппаратуры должна быть не более 30 кг. 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.

При цветовом оформлении аппаратуры необходимо учитывать назначение изделий, продолжительность и характер работы оператора, климатические условия, в которых будет эксплуатироваться аппаратура, форму и размеры помещения и размещенной в ней аппаратуры, характеристики светильников, условия зрительной работы.

Чтобы избежать возникновения бликов, лицевые панели аппаратуры должны иметь матовое или полуматовое покрытие.

По стандарту ГОСТ 21227-93 «Эмали марок ПФ-218» [15] для окраски судовых помещений и аппаратуры, к которым предъявляются повышенные требования по пожарной безопасности, используются эмали марок ПФ-218.

Для окраски наружной поверхности аппаратуры используется ПФ-218 ГС (горячей сушки). В табл. 3 видно, что цвета для аппаратуры используется два: зеленовато-желтый и светло серый.

Таблица 3 Нормы эмалей ПФ-218

Наименование показателя	Норма для марок	
	ПФ-218 ХС	ПФ-218 ГС
1 Цвет пленки эмали:	Цвет должен находиться в пределах допускаемых отклонений, установленных образцами (эталоны) цвета картотеки или контрольными образцами цвета	
белый	Контрольные образцы цвета	
розовый	56,64	—
коричневато-оранжевый	111,129	—
бледно-желтый	207,213	—
светло-зеленовато-желтый	232,246	—
зеленовато-желтый	267,274	267,274
салатный	371,372	—
светло-голубой	429,430	—
светло-серый	—	858,859

ГОСТ 14254-96 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)» [16]. На аппаратуру наносится маркировка (код), значение которой соответствует степени защиты от внешних твердых предметов (первая характеристическая цифра) и степени защиты от воды (вторая характеристическая цифра) (рис. 7).

Испытания для второй цифры проводят с использованием пресной воды. Первая цифра указывает, что оболочка обеспечивает: защиту людей от доступа к опасным частям; защиту оборудования, находящегося внутри оболочки, от проникновения внешних твердых предметов.



Рисунок 7 Состав кода

Система кодификации, применяемая для обозначения степеней защиты, обеспечиваемых оболочкой, от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов, воды, а также для предоставления дополнительной информации, связанной с такой защитой.

Оболочке может быть присвоена определенная степень защиты, обозначаемая первой характеристической цифрой, только если она соответствует одновременно всем более низким степеням защиты.

Краткое описание элементов кода IP приведено в табл. 4.

Таблица 4 – Элементы кода и их обозначения

Буквы кода	Цифры	Значение для защиты оборудования
Первая характеристическая цифра		От проникновения внешних твердых предметов:
	0	нет защиты
	1	диаметром 50 мм
	2	диаметром 12,5 мм
	3	диаметром 2,5 мм
	4	диаметром 1,0 мм
	5	пылезащищенное
	6	пыленепроницаемое

Продолжение табл.4

Буквы кода	Цифры	Значение для защиты оборудования
Вторая характеристическая цифра		От вредного воздействия в результате проникновения воды:
	0	нет защиты
	1	вертикальное каплепадение
	2	каплепадение (номинальный угол 15°)
	3	дождевание
	4	сплошное обрызгивание
	5	действие струи
	6	сильное действие струй
	7	временное непродолжительное погружение
	8	длительное погружение

Рассмотрены специальные требования к системам отображения, регистрации и документирования информации как к аппаратуре морской техники. Определена группа исполнения, в которую входят СОРД. Рассмотрены некоторые конструктивно-технические требования и степень защиты, обеспечиваемой оболочками (код IP).

Выводы.

Рассмотрены существующие стандарты по эргономике применительно к СОРД. Так как обоснование эргономических требований осуществляется в результате анализа назначения, условий эксплуатации, режимов функционирования аппаратуры в соответствии с возможностями человека, становится ясно, что как именно необходимо проектировать рабочее место для достижения требуемых результатов работы. То, что в настоящее время стандартов по эргономике существует множество, и включают они все элементы рабочего места оператора, значительно упрощает работу при проектировании рабочего места. Соблюдая требования эргономики, а также специальные требования при проектировании аппаратуры можно повысить

эффективность и качество труда, улучшить условия труда, облегчить нагрузку на все части тела оператора, а также его психику, что обеспечит ему комфортные условия выполнения рабочих обязанностей на продолжительное время без негативного влияния на результат.

Основные требования стандартов относятся:

- к гигиене (освещенность, вентилируемость, температура, токсичность, шум, вибрация);

- к антропометрическим размерам (соответствие конструкции изделия размерам и форме человеческого тела и его частей, контактирующих с изделием);

- к физиологии и психофизиологии (соответствие конструкции изделия силовым, скоростным, зрительным возможностям человека);

- к психологии (соответствие конструкции изделия возможностям восприятия и переработки информации, закрепленным и вновь формируемым навыкам человека).

Рассмотренные стандарты и содержащиеся в них общие (табл. 5) и специальные (табл. 6) требования представлены в виде таблиц.

Таблица 5 Общие требования

Требования	Стандарт
Термины и определения основных понятий в области системы "человек-машина" и ее эргономического обеспечения.	ГОСТ 26387-84 «Система «человек-машина». Термины и определения»
Эргономические принципы, которые применяются в процессе конструирования, и которые следует учитывать для сохранения здоровья и безопасности оператора: - Конструирование с учетом антропометрии и биомеханики (размеры, поза и движение тела, физическое усилие); - Конструирование с учетом умственных способностей;	ГОСТ Р ЕН 614-1-2003 «Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Часть 1. Термины, определения и общие принципы»

Продолжение табл.5

Требования	Стандарт
<ul style="list-style-type: none"> - Конструирование индикаторов, сигнальных устройств и органов управления; - Взаимодействие с физическими рабочими условиями; 	
<p>Принципы получения размерных данных по антропометрическим измерениям и определение основной рабочей позы.</p> <p>Пространственные требования тела для оборудования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - угол обзора; - расстояние до объекта; - легкость зрительного различения; - длительность и частоту задачи; - любые специальные ограничения, например ношение очков или средств защиты глаз. 	<p>ГОСТ Р ИСО 14738-2007 "Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин"</p>
<p>Требования направленные на повышение эффективности деятельности и сохранение здоровья оператора. Номенклатура эргономических требований:</p> <ul style="list-style-type: none"> - к конструкции и компоновке рабочего места оператора; - к форме, расположению, размерам приборных панелей и пультов управления; - к средствам отображения визуальной информации; - к средствам акустической информации; - к средствам тактильной информации; - к органам управления; - к креслу оператора. 	<p>ГОСТ 20.39.108-85 «Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора»</p>

Продолжение табл. 5

Требования	Стандарт
<p>Эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя.</p> <p>Информация о размерных характеристиках рабочего места, требованиях к размещению органов управления и средств отображения информации.</p> <p>Конструкция рабочего места и взаимное расположение элементов (сиденье, органы управления, дисплеи) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям.</p>	<p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»</p>
<p>Требования применяются при проектировании дисплеев (устройств отображения и воспроизведения информации) и механизмов управления машин. Общие принципы взаимодействия оператора с дисплеями и механизмами управления, позволяющие минимизировать ошибки оператора и обеспечить эффективное взаимодействие между оператором и оборудованием.</p>	<p>ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком»</p>
<p>Настоящий стандарт распространяется на рабочие места операторов и устанавливает общие эргономические требования к взаимному расположению элементов рабочего места (пульт управления, средство отображения информации, органы управления, кресло, вспомогательное оборудование).</p>	<p>ГОСТ 22269-76 «Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования»</p>

Таблица 6 Специальные требования

Требования	Стандарт
<p>Классификация, номенклатура, характеристики и значения технических требований к аппаратуре по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействующим факторам (механическим, климатическим, биологическим и специальным средам) в соответствии с условиями их применения в составе объектов вооружения и военной техники.</p> <p>Значения характеристик внешних факторов, действующих на аппаратуру, устанавливаются в соответствии с группой.</p>	<p>ГОСТ РВ 20.39.304-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам»</p>
<p>Основные требования, которым должна соответствовать аппаратура, требования к рабочей среде деятельности человека-оператора, к рабочей деятельности, к профессиональным качествам.</p> <p>Требование к обеспечению рабочим местом оператора возможности быстрого его занятия в случае необходимости. Своевременное и точное выполнение операций по целевому назначению в заданных условиях эксплуатации и наличие приемлемых связей (физических, зрительных и слуховых) между оператором и аппаратом, а также между оператором и оператором.</p>	<p>В ГОСТ РВ.20.39.309-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Конструктивно-технические требования»</p>
<p>Для окраски судовых помещений и аппаратуры, к которым предъявляются повышенные требования по пожарной безопасности, используются эмали марок ПФ-218.</p>	<p>По стандарту ГОСТ 22127-93 «Эмали марок ПФ-218»</p>
<p>На аппаратуру наносится маркировка (код), значение которой соответствует степени защиты от проникновения внешних твердых предметов и воды.</p>	<p>ГОСТ 14254-96 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)»</p>

2 ОБЗОР СИСТЕМ ОТОБРАЖЕНИЯ, РЕГИСТРАЦИИ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

2.1 Анализ конструктивных решений

Рабочее место оператора – пультовой прибор со всеми необходимыми органами управления. Данные о подводной обстановке, обнаруженных целях и работе гидроакустических средств выводятся на дисплей. Основные органы управления: клавиатура и трекбол, размещенные на передней консоли. Часть кнопок и переключателей помещается рядом с дисплеем. Пультовой прибор может иметь разное количество дисплеев (рис. 8,9).

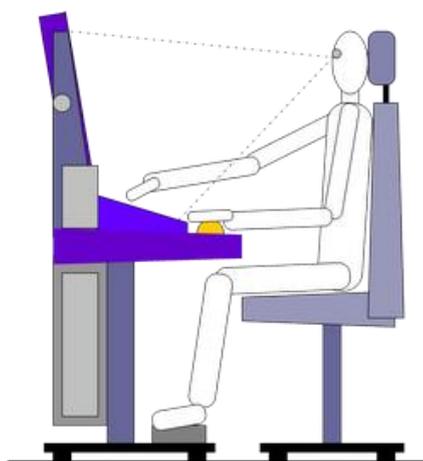


Рисунок 8 Работа оператора за пультовым прибором с одним дисплеем

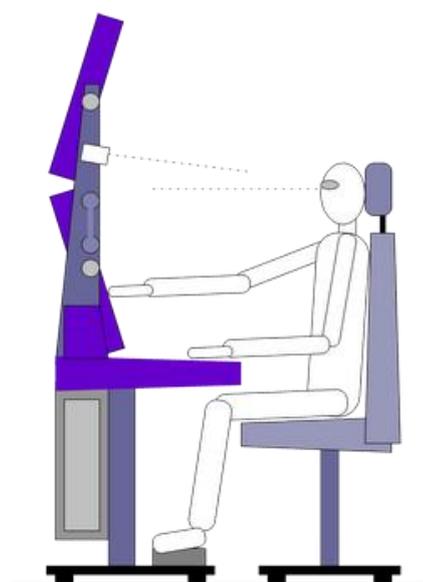


Рисунок 9 Работа оператора за пультовым прибором с двумя дисплеями

Пульт управления (ПУ) используется для совмещения функций комплексов (радиолокация, гидроакустика, управление движением) на одном приборе так, чтобы оператор мог на любой индикатор вызвать информацию от любой системы.

Также он предназначен для решения информационных и расчетных задач из состава программного обеспечения автоматизированных комплексов в автоматическом и диалоговом режимах работы и для обеспечения информационной поддержки принятия решений оператором ПУ.

Пульты прибор с загруженным программным обеспечением позволяет осуществлять:

- отображение информации на одном (двух) дисплее;
- ввод данных и управление решением задач с использованием диалоговых средств.

Использование пультовых конструкций позволяет объединить в единый комплекс различные по типу и назначению оборудование, упорядочить и упростить прокладку кабелей, обеспечить доступность и удобство органов управления, создать единый эргономичный дизайн.

Объединение органов управления и контроля в едином пульте, позволяет создать максимально удобные условия работы оператора, повысить внимание и обозначить сосредоточенность на важнейших участках процесса.

В настоящее время большинство СОРД строится на основе цветных мониторов (дисплеев) с разверткой телевизионного типа. На них данные предъявлены в виде телевизионных индикаторных картин, содержащих графическую, геометрическую и буквенно-цифровую информацию.

При проектировании пультового прибора учитывают требования эргономики и инженерной психологии к компоновке основных приборов, органов управления и рабочего места операторов.

Пульты прибор входит в состав ГАК. Он обеспечивает включение/выключение, контроль, управление режимами работы ГАК, обмен

информацией с внешними системами, а также отображение информации на мониторе.

Унификация технических решений построения пультовых приборов основывается на следующих подходах:

- использование построения интерфейса, удовлетворяющего требованиям эргономики;
- использование модульного принципа построения как в части аппаратуры и программного обеспечения, так и в части конструкции.

Требования по размещению ставят вопрос о возможности перемещения приборов через люки и проемы ограниченных размеров (594 мм, 600мм).

В зависимости от выполняемых задач пульт или консоль могут содержать различные наборы средств отображения и управления (кнопки, световые индикаторы, ключи).

Пультовой прибор может быть как морского (надводного или подводного), так и берегового базирования и входить в группу исполнения согласно ГОСТ РВ 20.39.304-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам». В зависимости от группы исполнения устанавливаются характеристики внешних факторов, действующих на аппаратуру, и требования по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействующим факторам (механическим, климатическим, биологическим и специальным средам).

Чтобы избежать резонансных частот в пультовых приборах используются виброизоляторы (амортизаторы).

Виброизоляторы предназначены для защиты оборудования от вибраций и ударных воздействий. Виброизоляторы могут применяться в качестве опорных, подвесных и упорных на горизонтальных, наклонных и вертикальных фундаментах.

Одним из видов виброизоляторов являются спирально-тросовые виброизоляторы рядные (СТВР), они представляют собой отрезок спирально-

свитого стального каната, запрессованного в отверстиях двух пластин, верхней и нижней (Рис.10). Требуемые характеристики обеспечиваются следующими параметрами:

1. диаметром витка;
2. количеством витков;
3. наклоном витков;
4. диаметром троса;
5. маркой троса;
6. степенью и способом опрессовки;
7. степенью нагружения СТВР;
8. формой опрессовки;
9. наклоном СТВР относительно оси нагружения.



Рисунок 10 Спирально-тросовые виброизоляторы рядные

Работоспособность схемы амортизирующего крепления определяется на основании специальных расчетов, включающих:

- расчет собственных частот амортизирующего крепления;
- деформации упругих элементов при эксплуатационных и ударных кинематических воздействиях;
- расчет ускорений амортизированного объекта при ударном воздействии.

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.

В данном параграфе было рассмотрено, что такое рабочее место оператора, для чего оно нужно, из чего состоит. Рабочим местом оператора является пульт со всеми необходимыми органами управления. Используется он для выполнения различных функций (радиолокация, гидроакустика, управление движением). Состоит из средств обработки и предоставления визуальной и звуковой информации, органов управления. Дополняется виброизоляторами.

2.2 Обзор существующих конструкций, отвечающих требованиям к СОРД

В качестве примеров пультовых приборов, которые отвечают эргономическим требованиям к СОРД, приведены некоторые конструкции, как иностранные, так и российские [17].

Японская компания JRC [18] была создана в 1915 году в городе Токио. Компания JRC имеет опыт работы с аппаратурой морской техники. Они представляют пультовую стойку (рис 11).

Консоль содержит эргономичные клавиатуру и трекбол (рис. 12). Настройки и регулировки производятся как на экране, так и на клавиатуре.



Рисунок 11 Пультавая стойка



Рисунок 12 Консоль

К пультавой стойке может быть подключены фирменные дисплеи компании. Дисплей крепится с помощью винтов хорошо спрятанных под крышкой. С помощью трекбола (рис. 13) все функции доступны на экране, также имеются специальные кнопки для подтверждения, увеличения/уменьшения масштаба. В случае тревоги трекбол меняет цвет в зависимости от приоритета тревоги, также может быть установлена вибрация в качестве дополнительного способа уведомления.

Подсветка клавиатуры (рис. 14) позволяет печатать в условиях низкой освещенности.



Рисунок 13 Трекбол



Рисунок 14 Клавиатура

Гидроакустический пост подводной лодки типа «LosAngeles» ВМС военно-морских сил США имеет пульт ГАК AN/BQQ-5 (рис. 15) [19]. Этот пульт ГАК имеет три идентичные индикаторные консоли и специальную консоль – для контроля за работой операторов. Каждая консоль может использоваться в любом из 13 возможных основных режимов работы комплекса. Панель управления с 30 кнопками позволяет оператору набирать до 720 команд. Инструкция по выбору очередной команды и нажатию кнопок для ее реализации вырабатывается ЭВМ. Подготовка очередной группы команд производится во время выполнения оператором предыдущей команды.

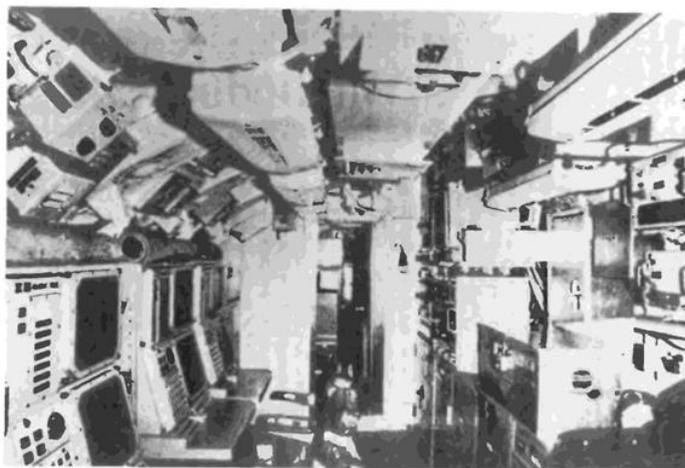


Рисунок 15 Пульт ГАК AN/BQQ-5

Стандартный пульт ColibriMkII (рис. 16) устанавливается на подводных лодках ВМС Франции [19]. Он содержит две или три полностью идентичных взаимозаменяемых дисплейных консоли. Каждая консоль оснащена двумя 19-дюймовыми дисплеями. В дежурном режиме ГАС может полностью обслуживаться одним оператором, в боевых условиях за пультом могут работать три оператора. Левая и центральная консоли служат для отображения гидроакустической информации.



Рисунок 16 Стандартный пульт ColibriMkII

Китайская компания Highlander [20] занимается аппаратурой морской техники. Пример произведенной пультовой стойки на рис. 17.

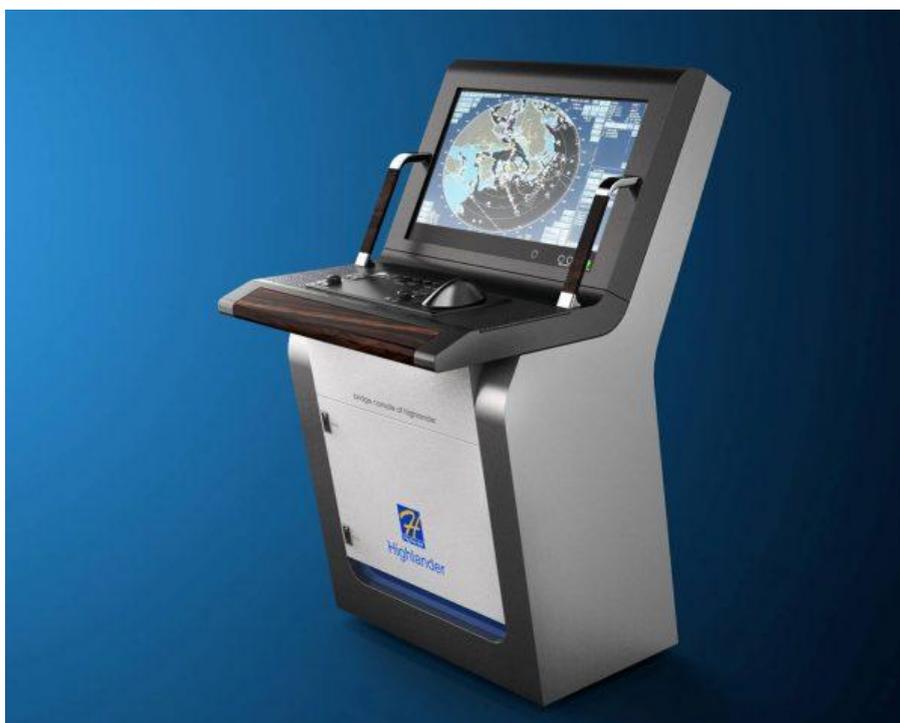


Рисунок 17 Пультавая стойка компании Highlander

РСЕ – хорватская компания [21], занимающаяся военной морской техникой. Многофункциональная консоль (рис. 18). Ввод данных осуществляется посредством сенсорного экрана, клавиатуры, трекбол. Дисплей с разрешением 1600x1200.



Рисунок 18 Многофункциональная консоль

Созданием судовых автоматизированных радиоэлектронных систем управления различного функционального назначения (навигация, управление техническими средствами, управление вооружением и др.) в России занимаются концерны «Гранит-Электрон», НПО «Аврора» и «Океанприбор» и др.

Компания «МСА» [22] занимается производством промышленного и судового оборудования. Юниконт СПб.

Проект номер 2 (рис. 19) - конструкция операторского пульта для систем мониторинга, дистанционного управления и контроля.



Рисунок 19 Проекта номер 2

Концерн «Моринформсистема-Агат» [23] занимается боевым информационно-управляющим и интегрированным системам управления надводных кораблей и подводных лодок.

Система управления комплексом средств связи «Акванавт-СУ» (рис. 20) предназначена для управления средствами связи судна с ходового мостика и обеспечивает отображение на дисплее основных режимов работы и состояния оборудования связи и навигации.



Рисунок 20 Система управления комплексом средств связи «Акванавт-СУ»

ФНПЦ АО «НПО «Марс» [24] занимается автоматизации процессов управления боевыми действиями на флоте, созданием и обслуживанием территориально распределенных систем управления.

Пульт управления (рис. 21) предназначен для решения информационных и расчетных задач и для обеспечения поддержки принятия решений оператором.

Модификации прибора: 170-031, 170-131, 170-231

Прибор позволяет осуществлять отображение информации на ЖК-дисплее с разрешением до 1600x1200 пикселей.

Автоматический контроль температуры воздуха внутри и снаружи прибора и выдача сигнала при перегреве.

Взаимодействие с периферийными устройствами.

Прибор имеет маломощное исполнение.

Столешница пульта управления может быть поднята и зафиксирована в поднятом положении.

Код IP-64.



Рисунок 21 Пульта управления

Возможность осуществления нескольких вариантов исполнения достигнута за счет: набора встраиваемых функциональных модулей первого, второго и третьего уровней; набора базовых несущих конструкций; различных комплектаций органов управления; различных вариантов цветового исполнения

Акционерное общество «Концерн «НПО «Аврора» [25]. Занимается производством оборудования для ВМФ России. Разрабатывает и поставляет автоматизированные системы управления надводных кораблей и подводных лодок.

АО «Концерн «НПО «Аврора» сотрудничает с другими фирмами и компаниями, специализирующимися на производстве продукции для гражданской морской техники.

Прибор унифицированный пультовой модуль (УПМ) (рис. 22) совместно с креслом оператора, обеспечивающим комфортные условия для работы оператора и его защиту от ударных воздействий на корпус подводной лодки

путем снижения действующих ударных ускорений, образует автоматизированное рабочее место оператора.



Рисунок 22 Унифицированный пультовой модуль

Имеется кондуктивное охлаждение, что позволяет отводить тепло от системного блока. Это позволяет обходиться без обдува вентиляторами, что обеспечивает соответствие требованиям, предъявляемым к уровню шумности.

В пультовом приборе размещены устройства ввода информации, созданные и испытанные под требования комплекта нормативных документов «Мороз-б»:

- сенсорная панель (для отображения виртуальных органов управления на лицевой панели прибора);
- малогабаритная функциональная клавиатура (для ввода цифровых данных);
- шаровой манипулятор трекбол (для управления курсором на экране дисплея).

Возможно подключение съемного флеш-накопителя для съема документируемой информации без выключения питания и применения ноутбука.

Учтена динамика рабочих движений, вытекающих из алгоритма оперативных действий, исходящих из реальных биомеханических

(кинематических) возможностей и анатомо-физиологических особенностей человека. Обеспечена соразмерность анатомо-антропометрических габаритов и линейно-геометрических параметров объемно-пространственной структуры (доступ к монитору и возможность манипуляций с ним).

Масса: 25кг

ЗАО «НПЦ «Аквамарин» [26] является поставщиком радиоэлектронной аппаратуры.

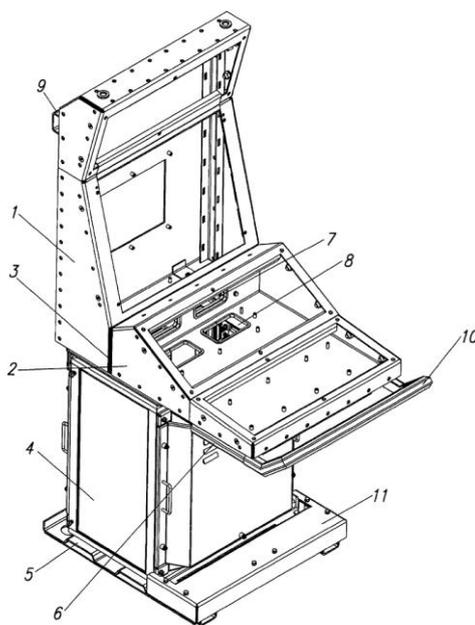


Рисунок 23 Конструкция пультового прибора

На рис. 23: 1-корпус; 2-консоль; 3-задняя стенка; 4-тумба, установленная на основании 5; 6-соединительная рама; окна 7, 8 для прокладки монтажа между электронными блоками; 9-задняя балка для упорных амортизаторов; 10- поручень; 11-подножка.

Конструкция может быть использована для изготовления как отдельных пультовых приборов, так и интегрированных приборных комплексов различного назначения.

Пультовой прибор содержит каркас с установленными в нем электронными функциональными модулями и монитором, консоль столешницы и лицевые панели с органами управления и контроля, которые

выполнены в виде отдельных съемных модулей, закрепленных в каркасе с помощью винтов.

Сверху задней стенки корпуса установлена задняя балка для упорных амортизаторов.

Дно выполнено из перфорированного листа, обеспечивающего приток воздуха для охлаждения аппаратуры.

Закрепляют на задней стенке корпуса балку с упорными амортизаторами, регулируемые по месту установки.

Простота обслуживания пультового прибора обеспечивается использованием съемных модулей.

ЗАО «НПЦ «Акварин» совместно с ОАО «Авангард» разработало базовые несущие конструкции пультовых приборов (БНК-ПП) (рис. 24,25).

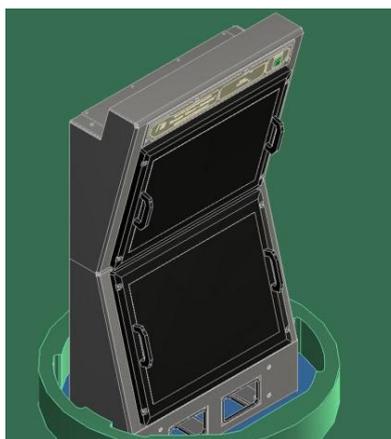


Рисунок 24 Конструкция пультового прибора при загрузке в люк

Материалы и покупные изделия соответствуют требованиям государственных стандартов, в том числе ГОСТ РВ 20.39.309-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Конструктивно-технические требования».

Лакокрасочные покрытия согласно требованиям ГОСТ 9.032-74 «Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения (с Изменениями N 1-4)» [27].

Конструктивное исполнение корпуса исключает возможность травмирования обслуживающего персонала.

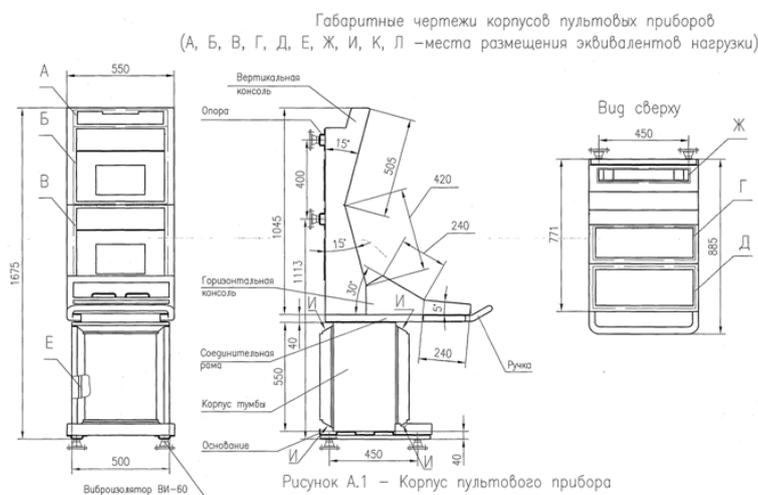


Рисунок 25 Пульт отображения информации

АО «Концерн «Гранит-Электрон» [28] разрабатывает радиоэлектронные комплексы для ВМФ России.

Конструктив универсального пультового прибора управления, разработанный в ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» совместно с ЗАО НПЦ «Аквамарин».



Рисунок 26 модульная конструкция

Универсальный пультовой прибор управления ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» [29]

Модульная конструкция универсального пультового прибора управления (УППУ) (рис. 26) состоит из трех функциональных (тумба, вертикальный пульт, консоль) и четырех вспомогательных (соединительная рама, основание, задняя балка, поручень) легко сочленяемых и расчленяемых модулей [30].

Конструкция обеспечивает размещение двух дисплеев с диагональю 51 см. В конструкции консоли прибора предусмотрена возможность размещения двух дисплеев с диагональю 21 см, оснащенных сенсорными экранами, символьной клавиатуры и трекбола. Вертикальный пульт и консоль разработаны с учетом требований эргономики. Пультовой прибор

(УППУ) (рис. 27)

представляет собой бескаркасные конструкции из листового алюминиевого сплава. Отличительная особенность – отсутствие литых и фрезерованных деталей. Элементы обшивки каркаса выполнены из листового алюминиевого сплава. На каркасе крепятся две крышки, имеющие жалюзи для вентиляции размещаемого оборудования и ручки для удобства снятия. Конструкция позволяет загружать прибор в люк с условным диаметром 594 мм, 600мм в минимально разобранном состоянии.



Рисунок 27 Универсальный пультовой прибор управления

Акционерное общество «Концерн «Океанприбор» [31].

Основное направление деятельности – производство оборудования для ВМФ России. В качестве примеров пульта ГАК (рис. 28,29).



Рисунок 28 Гидроакустический комплекс «Заря»



Рисунок 29 Пульт ГАК семейства МК-335ЭМ-03 «Платина»

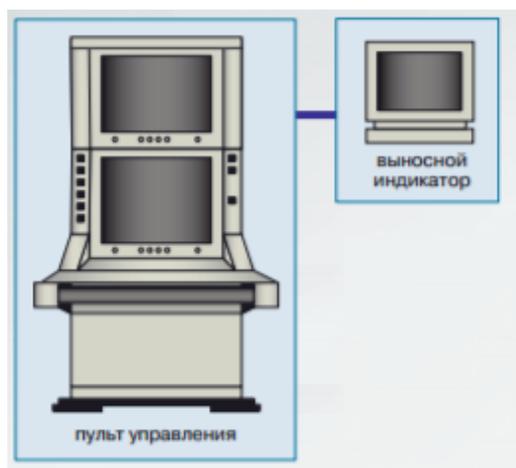


Рисунок 30 Архитектура ГАК

К пульту ГАК можно подключить выносной дублирующий одноэкранный пульт (рис. 30).

Выводы.

Рассмотрено рабочего места оператора, использование в качестве него пультового прибора со всеми необходимыми органами управления. Основные органы управления: клавиатура и трекбол, размещенные на передней консоли. Показаны назначение пультовых приборов, их состав, характеристики.

Выполнен обзор существующих конструкций пультовых приборов, отвечающих требованиям к СОРД. Конструкции описаны как отечественные, так и зарубежные. В табл. 7 особенности рассмотренных конструкций. В качестве примеров были использованы пульты различного назначения.

Таблица 7 - Существующие конструкции пультовых приборов

Название, страна и предприятие	Особенности
Пульты стойка, Япония, «JRC»	К пульту стойке может быть подключены фирменные дисплеи компании. В случае тревоги трекбол меняет цвет в зависимости от приоритета тревоги. Подсветка клавиатуры позволяет печатать в условиях низкой освещенности.

Продолжение табл.7

Название, страна и предприятие	Особенности
Пульт ГАК, США	Гидроакустический пост подводной лодки типа. Три идентичные индикаторные консоли и специальная консоль – для контроля за работой операторов.
Стандартный пульт ColibriMkII, Франции	Три полностью идентичных взаимозаменяемых дисплейных консоли. В дежурном режиме ГАС может полностью обслуживаться одним оператором, в боевых условиях за пультом могут работать три оператора.
Многофункциональная консоль, Хорватия, «РСЕ»	Ввод данных осуществляется посредством сенсорного экрана, клавиатуры, трекбол. Дисплей с разрешением 1600x1200.
Проект номер 2, Россия, «МСА»	Конструкция операторского пульта для систем мониторинга, дистанционного управления и контроля.
Пульт управления, Россия «Марс»	<p>Автоматический контроль температуры воздуха внутри и снаружи прибора и выдача сигнала при перегреве.</p> <p>Взаимодействие с периферийными устройствами.</p> <p>Прибор имеет маломагнитное исполнение.</p> <p>Столешница пульта управления может быть поднята и зафиксирована в поднятом положении.</p>
Прибор унифицированный пультовой модуль, Россия «Аврора»	Имеется кондуктивное охлаждение. Это позволяет обходиться без обдува вентиляторами, что обеспечивает соответствие требованиям, предъявляемым к уровню шумности.

Продолжение Табл.7

Название, страна и предприятие	Особенности
<p>Конструкция пультового прибора, Россия, «Аквамарин»</p>	<p>Конструкция может быть использована для изготовления как отдельных пультовых приборов, так и интегрированных приборных комплексов различного назначения.</p> <p>Дно выполнено из перфорированного листа, обеспечивающего приток воздуха для охлаждения аппаратуры.</p>
<p>Универсальный пультовой прибор управления, Россия, «Гранит-Электрон»</p>	<p>Конструкция обеспечивает размещение двух дисплеев с диагональю 51 см. В конструкции консоли прибора предусмотрена возможность размещения двух дисплеев с диагональю 21 см, оснащенных сенсорными экранами, символьной клавиатуры и трекбола.</p> <p>Отличительная особенность – отсутствие литых и фрезерованных деталей. Элементы обшивки каркаса выполнены из листового алюминиевого сплава. На каркасе крепятся две крышки, имеющие жалюзи для вентиляции размещаемого оборудования и ручки для удобства снятия.</p>
<p>Пульт ГАК семейства МГК-335ЭМ-03 «Платина», Россия, «Океанприбор»</p>	<p>К пульту ГАК можно подключить выносной дублирующий одноэкранный пульт.</p>

3 РАЗРАБОТКА ВЫНОСНОГО ДУБЛИРУЮЩЕГО ОДНОЭКРАННОГО ПУЛЬТА

3.1 Назначение выносного дублирующего одноэкранного пульта и расчеты показателей надежности и рабочих тепловых режимов.

Разрабатываемый пульт используется для дублирования информации с комплексов на одном приборе так, чтобы командир мог на любой индикатор вызвать информацию от любой системы.

Выносной дублирующий одноэкранный пульт входит в группу исполнения 2.1.1 и рассчитан на работу в условиях эксплуатации согласно ГОСТ РВ 20.39.304-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам».

В качестве технического задания на проектирование выданы: электронная схема (рис. 31) и перечень элементов (рис. 32).

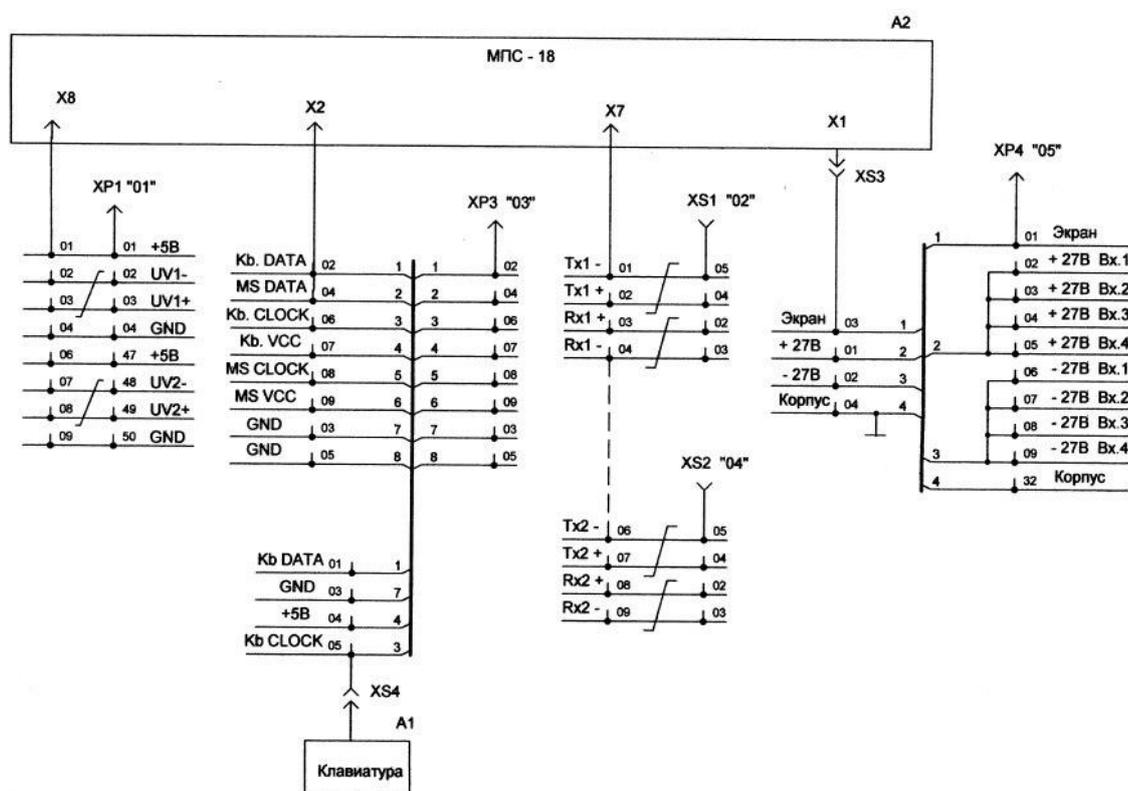


Рисунок 31 Электронная схема

Перв. примен.	Поз.обоз- начение	Наименование	Кол.	Примечание									
	XP1	Вилка ОНЦ-БС-1 50/27 В 1-1 В 6P0.364.030ТУ	1										
	XP3	Вилка 2РМДТ24Б10Ш5В1В GE0.364.126ТУ	1										
	XP4	Вилка 2РМДТ33Б32Ш5В1В GE0.364.126ТУ	1										
	XS1, XS2	Розетка 2РМТ18Б7Г1В1В GE0.364.126ТУ	2										
	XS3	Розетка 2РМДТ18КПН4Г5В1В GE0.364.126ТУ	1										
Справ. №	XS4	Розетка D-SUB 9-PIN 09 67 009 4715 "HARTING"	1										
	A1	Клавиатура с контроллером МФ.01-04 НГТП.467143.029	1										
	A2	Панельная станция МПС-18.541406SO102С-МФ2 МКЛД.466229.054ТУ	1										
Подп. и дата													
Инв. № дубл.													
Всех инв. №													
Подп. и дата													
Инв. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов				
	Разраб.											1	2
	Пров.												
	Гл.констр												
	Н.контр.												
	Утв.												

НИС-422

23.12.16

ПЭЗ ПУЛЬТА 1.РЕ

Формат А4

Рисунок 32 Перечень элементов

Расчет показателей надежности

Любое радиоэлектронное устройство характеризуется безотказностью и долговечностью.

По ГОСТ 27.002-87 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» [32] 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 «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения» [33] и включает в себя несколько этапов расчета.

Расчет безотказности электрорадиоизделий (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 λ .

$$\lambda = \text{const} \quad (1)$$

Источником информации о безотказности комплектующих ЭРИ является справочник «Надежность электрорадиоизделий» [34], который является официальным изданием Министерства обороны и отраслей промышленности.

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

$$\lambda = \lambda_6 \cdot K_p \cdot K_3, \quad (2)$$

где λ_6 – базовая интенсивность отказов типа ЭРИ, приведенная к условиям номинальной электрической нагрузки при температуре окружающей среды $+25$ °С. 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 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам»).

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 равном 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 «Комплексная система контроля качества. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Руководство по оценке правильности

применения электрорадиоизделий». 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 техническим условиям (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;

$$\lambda = \sum_{i=1}^n [(m\lambda)_i], \quad (3)$$

где λ_i – интенсивность отказов i -го элемента;

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) [35], 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

$$T_0 = (4)$$

вносится в технические условия на устройство в качестве показателя безотказности.

Результат расчета безотказности устройства приведен в табл. 8.

Режим: Эксплуатация

Условия: группа 2.1.1, 2.1.2, 2.3.1, 2.3.2

Температура окружающей среды, °С: 40

Расчетная интенсивность отказов: $243,176 \cdot 10^{-7}$ 1/ч

Таблица 8 Результат расчета безотказности

Наименование	Ко л, п шт.	$I_0 \cdot 10^7$, 1/ч	$I_3 \cdot 10^7$, 1/ч	$I_3 \cdot 10^7 \cdot n$, 1/ч
Соединители низкочастотные и радиочастотные				
ОНЦ-БС-1	1	0,026	0,144	0,144
2РМДТ24Б10Ш5В1В	1	0,007	0,005	0,005
2РМДТ33Б32Ш5В1В	1	0,007	0,005	0,005
2РМТ18Б7Г1В1В	2	0,007	0,005	0,011
2РМДТ18КПН4Г5В1В	1	0,007	0,005	0,005
D-SUB 9-PIN 09 67 009 4715	1	0,460	2,992	2,992

Продолжение табл. 8

Наименование	Ко л, п шт.	$l_6 \cdot 10^7$, 1/ч	$l_3 \cdot 10^7$, 1/ч	$l_3 \cdot 10^7 \cdot n$, 1/ч
Платы с металлизированными сквозными отверстиями				
рппм	1	1,700E-04	0,014	0,014
Клавиатура с контроллером МФ.01-04	1	40,000	40,000	40,000
Панельная станция МПС-18.541406S0102С	1	200,000	200,000	200,000

В результате расчета получено значение интенсивности отказов λ равное $243,176 \cdot 10^{-7}$ 1/ч, что соответствует средней наработке на отказ 40000 ч. и обеспечивает устройству срок безотказной работы, превышающий автономность корабля.

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 табл. 9.

Таблица 9 - Номенклатура комплектующих элементов

ЭРИ	Минимальный срок сохраняемости, лет	95% ресурс, тыс. час.
МПС-18	25	50
2РМДТ	25	120
ОНЦ-БС-1	15	130

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

Расчет тепловых режимов

Исходя из технических условий, потребляемая прибором электрическая мощность составляет не более 135 Вт. В предположении, что, как правило, на энергию полезных сигналов в радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) уходит около 10% потребляемой мощности, примем выделяемую в приборе тепловую мощность Φ_1 равной 120 Вт.

Наиболее мощным в тепловом отношении элементом прибора является малогабаритная панельная станция МПС-18.

При проведении оценочного расчета перегревов прибора будет вполне достаточно ограничиться моделью системы трех тел: 1 – нагретая зона, 2 – протекающий через прибор воздух, 3 – оболочка (корпус). Более того, учитывая принцип местного влияния, допускается перечисленные тела представлять в модели в виде параллелепипедов соответствующих размеров.

В рассматриваемом приборе нагретой зоной является МПС-18. Ее габаритные размеры составляют $\text{Ш} \times \text{В} \times \text{Г} = 325 \times 265 \times 118,5$ мм. Тогда площадь омываемой воздухом внутри прибора поверхности составит $A_1 = 0,23 \text{ м}^2$.

Площадь омываемой внутренней поверхности корпуса прибора составляет $A_3 = 0,973 \text{ м}^2$.

Площадь поперечного сечения порожнего аппарата, свободного для прохода воздуха, составляет $A_{an} = 0,082 \text{ м}^2$

На задней стенке корпуса имеются вентиляционные отверстия, выполненные в виде двухсторонних жалюзи, состоящих из двух накладок. Суммарная площадь вентиляционных отверстий на входе в прибор и выходе из него составляют $A_{ex} = A_{вых} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Среднее расстояние между отверстиями входа и выхода примем равным расстоянию между жалюзи $h = 0,45 \text{ м}$.

Коэффициент заполнения прибора, равный отношению объема нагретой зоны к объему пустого корпуса, составляет $K_3 = 0,172$.

Расход воздуха, протекающего через прибор.

Прибор относится к аппаратам с вертикальным шасси. В этом случае, объемный расход воздуха, протекающего через прибор при естественной вентиляции составит:

$$G_v = \sqrt{\frac{a}{\delta + \frac{\bar{T} \cdot r}{T_c} + b}}, \quad (5)$$

где

$$a = 2gh \left(1 - \frac{T_c}{T_3} \right) \quad (6)$$

$$\delta = \frac{R_{ex}}{A_{ex}^2} \quad (7)$$

$$\bar{T} = \frac{T_{ex} + T_3}{2} \quad (8)$$

$$r = \frac{R_{mp} + R_n}{\bar{A}^2} \quad (9)$$

$$R_n = 2 \frac{t_3 - t_{\text{ex}}}{\bar{T}} \quad (10)$$

$$R_{mp} = \frac{\xi \cdot h}{d_{\text{эк}}} = 1,842, \quad (11) \quad d_{\text{эк}} = \frac{4A_{an}}{2(\Pi + \Gamma)_{an}} \quad (12)$$

$$\bar{A} = A_{an}(1 - K_3) \quad (13)$$

$$b = \frac{T_{\text{блх}}}{T_c} \cdot \frac{R_{\text{блх}}}{A_{\text{блх}}^2} \quad (14)$$

$$R_{\text{эк}} = R_{\text{блх}} = 7,49 \quad (15)$$

$$T_i = t_i + 273 \quad (16)$$

Подставив все значения исходных данных, получим объемный расход воздуха $G_v = 0,0029 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$. Массовый расход воздуха

$$G_M = G_v \cdot \rho_{\text{возд}} = 0,00327 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (17)$$

Тепловая проводимость между воздухом внутри прибора и окружающей средой

$$W = 10^3 \cdot G_M = 3,27 \frac{\text{Вт}}{\text{К}} \quad (18)$$

Тепловые коэффициенты:

$$F_1 = \frac{1}{\Gamma} \left[\left(1 + \frac{3A_1}{W} \right) \left(2,5 + \frac{A_1}{A_3} \right) + \frac{3A_1}{W} \left(1,5 + \frac{A_1}{A_3} \right) \right] \quad (19)$$

$$F_3 = \frac{1}{\Gamma} \left[\frac{A_1}{A_3} \left(1 + \frac{3A_3}{W} \right) + \frac{2A_1}{W} \left(1 + \frac{A_1}{A_3} \right) \right] \quad (20)$$

$$\Gamma = 6A_1 \left[\frac{A_1}{A_3} \left(1 + \frac{9A_3}{2W} \right) + 5 \left(1 + \frac{9A_3}{2W} \right) \right] \quad (21)$$

После подстановки значений:

$$\Gamma = 16,59$$

$$F_1 = 0,22$$

$$F_3 = 0,041$$

Перегрев нагретой зоны:

$$g_1 = F_1 \cdot \Phi_1 = 26,4 \text{ К} \quad (22)$$

$$t_1 = g_1 + t_c \quad (23)$$

При температуре окружающей среды 20 °С

$$t_1 = 46,4 \text{ °С}$$

Перегрев корпуса

$$g_3 = F_3 \cdot \Phi_1 = 4,9 \text{ К} \quad (24)$$

$$t_3 = g_3 + t_c \quad (25)$$

При температуре окружающей среды 20 °С

$$t_3 = 44,9 \text{ °С}$$

Перегрев воздуха на выходе из прибора

$$g_2 = \frac{\Phi_1 - \sigma_{3c} \cdot g_3}{2W} = 14,7 \text{ К} \quad (26)$$

где $\sigma_{3c} = 4,9 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}$ – тепловая проводимость от корпуса в окружающую

среду.

При температуре окружающей среды 20 °С

$$t_2 = 34,7 \text{ °С}$$

Достоинства пульта:

Срок безотказной работы 4.5 года.

Срок службы не менее 15 лет.

3.2 Проектирование корпуса выносного дублирующего одноэкранный пульта

Требования по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействующим факторам (механическим, климатическим, биологическим и

специальным средам) были соблюдены в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.304-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам».

Конструкция прибора позволяет осуществлять: его транспортирование в люк со скругленными углами, имеющий размеры 600х600 мм и радиус скругления углов 100 мм; установку на вертикальную несущую поверхность.

На дисплее данные предъявлены в виде телевизионных индикаторных картин, содержащих графическую, геометрическую и буквенно-цифровую информацию.

Включение/выключение, контроль, управление, а также отображение информации на мониторе осуществляют 6 кнопок, которые находятся на панели пульта.

На каркасе имеются жалюзи для вентиляции размещаемого оборудования. Угол наклона позволяет обеспечивать защиту от воды в соответствии с кодом IP. На задней стенке корпуса имеются вентиляционные отверстия, выполненные в виде двухсторонних жалюзи, состоящих из двух накладок.

Геометрические параметры накладок: высота отверстий 6 мм, ширина отверстий 10 мм. Всего установлено 4 жалюзи, 2 на выходе из прибора (сверху) и 2 на входе (снизу), каждое из которых содержит по 8 отверстий.

Простота обслуживания пультного прибора обеспечивается использованием съемных модулей.

Степень защиты (код IP) соответствует ГОСТ 14254-96 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)»

Степень защиты прибора IP33.

Учтена динамика рабочих движений, вытекающих из алгоритма оперативных действий, исходящих из реальных биомеханических

(кинематических) возможностей и анатомо-физиологических особенностей человека. Обеспечена соразмерность анатомо-антропометрических габаритов и линейно-геометрических параметров объемно-пространственной структуры (доступ к монитору и возможность манипуляций с ним).

Пульт имеет массу 25 кг, которая не превышает предельное значение 30 кг.

Вид климатического исполнения - О (общеклиматические) ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5)»

По стандарту ГОСТ 22127-93 «Эмали марок ПФ-218» для окраски судовых помещений и аппаратуры, к которым предъявляются повышенные требования по пожарной безопасности, используются эмали марок ПФ-218 выбраны цвета окраски аппаратуры. Для окраски наружной поверхности аппаратуры используется ПФ-218 ГС (горячей сушки).

Корпус пульта эмалью ПФ-218 ГС (горячей сушки) светло-серого цвета (RAL 7038), лицевая панель черного цвета (RAL 6008).

Конструктивное исполнение корпуса должно исключает возможность травмирования обслуживающего персонала.

На стенках корпуса крепятся виброизоляторы, регулируемые по месту установки.

Для обеспечения виброударозащиты установленного в корпусе оборудования применены виброизоляторы. Виброизоляторы АКСС 25ИХ с номинальным весом 10 кг, 4 штуки. Они предназначены для защиты от вибраций и ударов выносного дублирующего одноэкранный пульт. Изготавливаются по ТУ 38 105 1953-90. Обладают высокой надежностью и

работоспособностью. Могут работать при наличии паров масла и дизельного топлива, при попадании масла, топлива, морской или пресной воды.

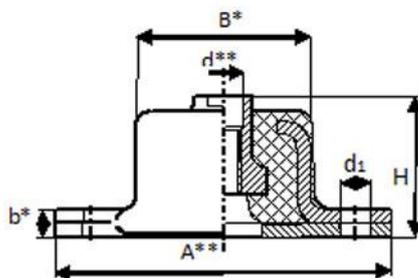


Рисунок 33 Схема амортизатора серии АКСС

Габаритные размеры корпуса прибора приведены в сборочном чертеже (рис. 34) составляют ШхВхГ=490х640х197 мм.

Корпус выполнен из стального листа, лицевая панель из алюминиевого сплава

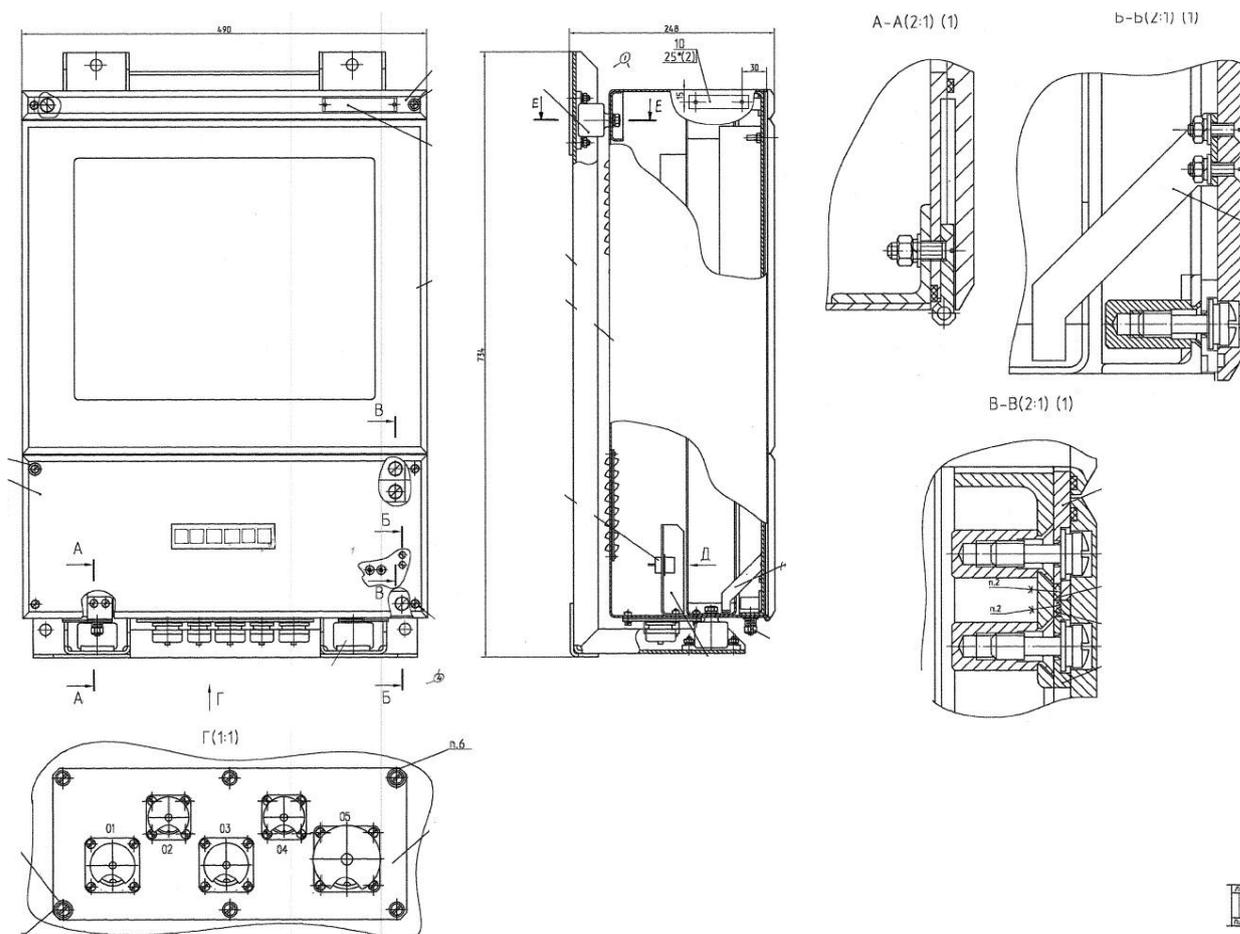


Рисунок 34 Сборочный чертеж

Форм. Иллюстрация
№ 12
Изд. 2008

Конструирование корпуса пульта проведено с учетом проведенных расчетов надежности и тепловых режимов, были подобраны подходящие виброизоляторы.

Выводы.

На основании выданного технического задания и выполненных расчетов произведен выбор технических решений и сборочный чертеж.

Особенности:

- Пульт сопрягается с ГАК и дублирует него информацию командиру корабля;

- Размещается в рубке, т.к. группа исполнения 2.1.1.

- Габаритные размеры позволяют осуществлять транспортирование в люк со скругленными углами, имеющий размеры 600х600 мм и радиус скругления углов 100 мм и монтаж пульта вне корабля с последующей установкой;

- Весовые характеристики позволяют осуществлять установку одним человеком;

- Малошумность обеспечивается типом виброизоляторов и системы охлаждения;

- В качестве системы охлаждения выбраны жалюзи, угол наклона которых позволяет обеспечить защиту оболочки от воды третьей степени;

- Корпус пульта окрашен эмалью ПФ-218 ГС, что соответствует требованиям по пожарной безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы - разработка эргономических требований к системам отображения, регистрации и документирования гидроакустических комплексов надводных кораблей (НК) и разработка выносного дублирующего одноэкранный пульта, отвечающего этим требованиям.

В процессе достижения поставленной цели получены следующие результаты.

1. Выполнен анализ эргономических требований при проектировании рабочих мест.

Рассмотрены существующие стандарты по эргономике применительно к СОРД. Так как обоснование эргономических требований осуществляется в результате анализа назначения, условий эксплуатации, режимов функционирования аппаратуры в соответствии с возможностями человека, становится ясно, что как именно необходимо проектировать рабочее место для достижения требуемых результатов работы. То, что в настоящее время стандартов по эргономике существует множество, и включают они все элементы рабочего места оператора, значительно упрощает работу при проектировании рабочего места. Соблюдая требования эргономики, а также специальные требования при проектировании аппаратуры можно повысить эффективность и качество труда, улучшить условия труда, облегчить нагрузку на все части тела оператора, а также его психику, что обеспечит ему комфортные условия выполнения рабочих обязанностей на продолжительное время без негативного влияния на результат.

Основные требования стандартов относятся:

- к гигиене (освещенность, вентилируемость, температура, токсичность, шум, вибрация);

- к антропометрическим размерам (соответствие конструкции изделия размерам и форме человеческого тела и его частей, контактирующих с изделием);

- к физиологии и психофизиологии (соответствие конструкции изделия силовым, скоростным, зрительным возможностям человека);

- к психологии (соответствие конструкции изделия возможностям восприятия и переработки информации, закрепленным и вновь формируемым навыкам человека).

Рассмотренные стандарты и содержащиеся в них общие (табл. 10) и специальные (табл. 11) требования представлены в виде таблиц.

Таблица 10 Общие требования

Требования	Стандарт
Термины и определения основных понятий в области системы "человек-машина" и ее эргономического обеспечения.	ГОСТ 26387-84 «Система «человек-машина». Термины и определения»
Эргономические принципы, которые применяются в процессе конструирования, и которые следует учитывать для сохранения здоровья и безопасности оператора: <ul style="list-style-type: none">- Конструирование с учетом антропометрии и биомеханики (размеры, поза и движение тела, физическое усилие);- Конструирование с учетом умственных способностей;- Конструирование индикаторов, сигнальных устройств и органов управления;- Взаимодействие с физическими рабочими условиями;	ГОСТ Р ЕН 614-1-2003 «Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Часть 1. Термины, определения и общие принципы»

Продолжение табл.10

Требования	Стандарт
<p>Принципы получения размерных данных по антропометрическим измерениям и определение основной рабочей позы.</p> <p>Пространственные требования тела для оборудования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - угол обзора; - расстояние до объекта; - легкость зрительного различения; - длительность и частоту задачи; 	<p>ГОСТ Р ИСО 14738-2007 "Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин"</p>
<p>Требования направленные на повышение эффективности деятельности и сохранение здоровья оператора:</p> <ul style="list-style-type: none"> - к конструкции и компоновке рабочего места оператора; - к форме, расположению, размерам приборных панелей и пультов управления; - к средствам отображения визуальной информации; - к средствам акустической информации и тактильной информации; - к органам управления; - к креслу оператора. 	<p>ГОСТ 20.39.108-85 «Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора»</p>
<p>Эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя.</p> <p>Информация о размерных характеристиках рабочего места, требованиях к размещению органов управления и средств отображения информации.</p> <p>Конструкция рабочего места и взаимное расположение элементов (сиденье, органы управления, дисплеи) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям.</p>	<p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»</p>

Продолжение табл. 10

Требования	Стандарт
<p>Требования применяются при проектировании дисплеев (устройств отображения и воспроизведения информации) и механизмов управления машин. Общие принципы взаимодействия оператора с дисплеями и механизмами управления, позволяющие минимизировать ошибки оператора и обеспечить эффективное взаимодействие между оператором и оборудованием.</p>	<p>ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком»</p>
<p>Настоящий стандарт распространяется на рабочие места операторов и устанавливает общие эргономические требования к взаимному расположению элементов рабочего места (пульт управления, средство отображения информации, органы управления, кресло, вспомогательное оборудование).</p>	<p>ГОСТ 22269-76 «Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования»</p>

Таблица 11 Специальные требования

Требования	Стандарт
<p>Классификация, номенклатура, характеристики и значения технических требований к аппаратуре по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействующим факторам (механическим, климатическим, биологическим и специальным средам) в соответствии с условиями их применения в составе объектов вооружения и военной техники.</p> <p>Значения характеристик внешних факторов, действующих на аппаратуру, устанавливаются в соответствии с группой.</p>	<p>ГОСТ РВ 20.39.304-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам»</p>

Продолжение табл.11

Требования	Стандарт
<p>Основные требования, которым должна соответствовать аппаратура, требования к рабочей среде деятельности человека-оператора, к рабочей деятельности, к профессиональным качествам.</p> <p>Требование к обеспечению рабочим местом оператора возможности быстрого его занятия в случае необходимости. Своевременное и точное выполнение операций по целевому назначению в заданных условиях эксплуатации и наличие приемлемых связей (физических, зрительных и слуховых) между оператором и аппаратом, а также между оператором и оператором.</p>	<p>В ГОСТ РВ.20.39.309-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Конструктивно-технические требования»</p>
<p>Для окраски судовых помещений и аппаратуры, к которым предъявляются повышенные требования по пожарной безопасности, используются эмали марок ПФ-218.</p>	<p>По стандарту ГОСТ 22127-93 «Эмали марок ПФ-218»</p>
<p>На аппаратуру наносится маркировка (код), значение которой соответствует степени защиты от проникновения внешних твердых предметов и воды.</p>	<p>ГОСТ 14254-96 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)»</p>

2. Выполнен обзор систем отображения, регистрации и документирования информации.

Рассмотрено рабочее места оператора, использование в качестве него пультового прибора со всеми необходимыми органами управления. Основные органы управления: клавиатура и трекбол, размещенные на передней консоли. Показаны назначение пультовых приборов, их состав, характеристики.

Выполнен обзор существующих конструкций пультовых приборов, отвечающих требованиям к СОРД. Конструкции описаны как отечественные, так и зарубежные. В табл. 12 особенности рассмотренных конструкций. В качестве примеров были использованы пультовые приборы различного назначения.

Таблица 12 - Существующие конструкции пультовых приборов

Название, страна и предприятие	Особенности
Пультовая стойка, Япония, «JRC»	К пультовой стойке может быть подключены фирменные дисплеи компании. В случае тревоги трекбол меняет цвет в зависимости от приоритета тревоги. Подсветка клавиатуры позволяет печатать в условиях низкой освещенности.
Пульт ГАК, США	Гидроакустический пост подводной лодки типа. Три идентичные индикаторные консоли и специальная консоль – для контроля за работой операторов.
Стандартный пульт ColibriMk11, Франции	Три полностью идентичных взаимозаменяемых дисплейных консоли. В дежурном режиме ГАК может полностью обслуживаться одним оператором, в боевых условиях за пультом могут работать три оператора.
Многофункциональная консоль, Хорватия, «PCE»	Ввод данных осуществляется посредством сенсорного экрана, клавиатуры, трекбол. Дисплей с разрешением 1600x1200.
Проект номер 2, Россия, «МСА»	Конструкция операторского пульта для систем мониторинга, дистанционного управления и контроля.
Пульт управления, Россия «Марс»	<p>Автоматический контроль температуры воздуха внутри и снаружи прибора и выдача сигнала при перегреве.</p> <p>Взаимодействие с периферийными устройствами.</p> <p>Прибор имеет маломагнитное исполнение.</p> <p>Столешница пульта управления может быть поднята и зафиксирована в поднятом положении.</p>

Продолжение табл.12

Название, страна и предприятие	Особенности
<p>Прибор унифицированный пультовой модуль, Россия «Аврора»</p>	<p>Совместно с креслом оператора, обеспечивающим комфортные условия для работы оператора и его защиту от ударных воздействий на корпус подводной лодки путем снижения действующих ударных ускорений, образует автоматизированное рабочее место оператора. Имеется кондуктивное охлаждение. Это позволяет обходиться без обдува вентиляторами, что обеспечивает соответствие требованиям, предъявляемым к уровню шумности.</p>
<p>Конструкция пультового прибора, Россия, «Аквамарин»</p>	<p>Конструкция может быть использована для изготовления как отдельных пультовых приборов, так и интегрированных приборных комплексов различного назначения.</p> <p>Дно выполнено из перфорированного листа, обеспечивающего приток воздуха для охлаждения аппаратуры.</p>
<p>Универсальный пультовой прибор управления, Россия, «Гранит-Электрон»</p>	<p>Конструкция обеспечивает размещение двух дисплеев с диагональю 51 см. В конструкции консоли прибора предусмотрена возможность размещения двух дисплеев с диагональю 21 см, оснащенных сенсорными экранами, символьной клавиатуры и трекбола. Отличительная особенность – отсутствие литых и фрезерованных деталей. Элементы обшивки каркаса выполнены из листового алюминиевого сплава. На каркасе крепятся две крышки, имеющие жалюзи для вентиляции размещаемого оборудования и ручки для удобства снятия.</p>
<p>Пульт ГАК семейства МГК-335ЭМ-03 «Платина», Россия, «Океанприбор»</p>	<p>К пульту ГАК можно подключить выносной дублирующий одноэкранный пульт.</p>

3. Выполнена разработка выносного дублирующего одноэкранный пульта.

На основании выданного технического задания и выполненных расчетов произведен выбор технических решений и сборочный чертеж.

Особенности:

- Пульт сопрягается с ГАК и дублирует него информацию командиру корабля;

- Размещается в рубке, т.к. группа исполнения 2.1.1.

- Габаритные размеры позволяют осуществлять транспортирование в люк со скругленными углами, имеющий размеры 600х600 мм и радиус скругления углов 100 мм и монтаж пульта вне корабля с последующей установкой;

- Весовые характеристики позволяют осуществлять установку одним человеком;

- Малошумность обеспечивается типом виброизоляторов и системы охлаждения;

- В качестве системы охлаждения выбраны жалюзи, угол наклона которых позволяет обеспечить защиту оболочки от воды третьей степени;

- Корпус пульта окрашен эмалью ПФ-218 ГС, что соответствует требованиям по пожарной безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных средств. — Москва: Высш. шк., 1990. — 432 с.
- 2 Трофимов Ю.Л. Инженерная психология – Москва: ЮРАЙТ, 2013. – 457 с.
- 3 Нефедович А. Эргономическое обеспечение модульного принципа проектирования кораблей / А. Нефедович, О. Третьяков // Морской сборник, 2013 [Электронный ресурс]. URL: http://blackseafleet-21.com/news/2-02-2013_ergonomicheskoe-obespechenie-modulnogo-printsipa-proektirovaniya-korablej
- 4 ГОСТ 26387-84 Система "человек-машина". Термины и определения. - Взамен ГОСТ 21033-75, ГОСТ 21034-75, ГОСТ 21035-75, ГОСТ 21036-75; Введ. с 01.01.86 – Москва: Издательство стандартов, 1986. – 6 с.
- 5 ГОСТ Р ЕН 614-1-2003 Безопасность оборудования. Эргономические принципы конструирования. Часть 1. Термины, определения и общие принципы. – Введ. с 01.01.05 - Москва: Издательство стандартов, 2004. – 16 с.
- 6 Мунипов В.М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник / Мунипов В.М., Зинченко В.П. - Москва: Логос, 2001
- 7 ГОСТ Р ИСО 14738-2007 Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин. – Введ. с 01.01.08 – Москва: Стандартиформ, 2008. – 23 с.
- 8 ГОСТ 20.39.108-85 Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора. – Взамен ГОСТ 22973-78; Введ. с 01.01.87 – Москва: Издательство стандартов, 1986. – 19 с.

9 Овчаренко Ю.А. Специальные вопросы обеспечения требований охраны труда и безопасности производственной деятельности: Методическое пособие, 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://lektsii.org/11-71237.html>

10 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – Введ. с 01.01.79 – Москва: Издательство стандартов, 1980. – 9 с.

11 ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009 Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком. – Введ. с 01.12.2010 – Москва: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

12 ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. – Введ. с 01.01.78 – Москва: Издательство стандартов, 1988. – 4 с.

13 ГОСТ В20.39 304-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам. – Взамен ГОСТ В 20.39.304-76 и ГОСТ В 20.39.304-85 ВД; Введ. с 01.01.1999 – Москва: Госстандарт России, 1999. – 44 с.

14 ГОСТ РВ 20.39.309-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Конструктивно-технические требования. – Взамен ГОСТ В 20.39.308-76 и ГОСТ В 20.39.308-85 ВД; Введ. с 01.10.1999 – Москва: Госстандарт России, 1999. – 59 с.

15 ГОСТ 22127-93 Эмали марок ПФ-218. – Взамен ГОСТ 21227-75; Введ. с 01.01.1995 – Москва: Издательство стандартов, 2002. – 8 с.

16 ГОСТ 14254-96. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP) . – Взамен ГОСТ 14254-80; Введ. с 01.01.1997 – Москва: Стандартинформ, 2007. – 36 с.

17 Торговая площадка, глобальная база данных по морской отрасли в России и странах СНГ. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.korabel.ru/> (дата обращения 21.04.2017)

18 Японская компания «JRC» [Электронный ресурс]. URL: <http://jrc.am/> (дата обращения 25.04.2017)

19 Корякин Ю.А. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы / Ю.А. Корякин, С.А. Смирнов, Г.В. Яковлев. – Санкт-Петербург: Наука, 2005. – 409 с.

20 Китайская компания «Highlander» [Электронный ресурс]. URL: <http://highlander-global.net/> (дата обращения 25.04.2017)

21 Хорватская компания «PCE» [Электронный ресурс]. URL: http://www.pce.hr/index_eng.html (дата обращения 26.04.2017)

22 Компания «МСА» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.unicont.spb.ru/> (дата обращения 26.04.2017)

23 Концерн «Моринформсистема-Агат» [Электронный ресурс]. URL: <http://concern-agat.ru/> (дата обращения 28.04.2017)

24 Научно-производственное объединение «Марс» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.npromars.com/ru/about/> (дата обращения 28.04.2017)

25 Концерн «НПО «Аврора» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.avrorasystems.com/ru/> (дата обращения 29.04.2017)

26 Научно-производственный центр «Аквамарин» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.akvamarin-npc.ru/index.html> (дата обращения 29.04.2017)

27 ГОСТ 9.032-74 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрyтия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения (с Изменениями N 1-4) . – Взамен ГОСТ 9844-61; Введ. с 01.07.1975 – Москва: Стандартинформ, 2006. – 14 с.

28 Концерн «Гранит-Электрон» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.granit-electron.ru/> (дата обращения 01.05.2017)

29 Журнал «Современные технологии автоматизации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cta.ru/> (дата обращения 01.05.2017)

30 Концерн «Океанприбор» [Электронный ресурс]. URL: <http://oceanpribor.ru/text/27.htm> (дата обращения 01.05.2017)

31 Сысоев В.О. Универсальный пультовой прибор управления / В.О. Сысоев, Ю.Н.Овчаров // Национальная оборона, 2014

32 ГОСТ 27.002-87 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. с 01.07.1990 – Москва: Издательство стандартов, 1990. – 39 с.

33 ГОСТ 27.301-95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. – Взамен ГОСТ 27.410-87; Введ. с 01.01.1997 – Москва: Издательство стандартов, 1996. – 19 с.

34 Надежность электрорадиоизделий: справочник. - ФГУП «22 ЦНИИИ МО РФ», 2006 г.

35 Автоматизированная система расчета надежности. - ФГУП «22ЦНИИИ МО РФ», 2006 г.