



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра морские информационные системы
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**На тему Обоснование состава и характеристик гидроакустических
средств судна экологического мониторинга**

Исполнитель Добродеева Анна Сергеевна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат технических наук

(ученая степень, ученое звание)

Попов Владимир Александрович

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю» Заведующий кафедрой

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

«__»_____2018 г.

Санкт–Петербург 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОПИСАНИЕ СУДНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	5
1.1 Назначение и классификация судов экологического назначения.....	5
1.2 Характеристика судов экологического мониторинга	8
1.3 Классификация гидроакустических средств надводных кораблей	22
2 ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ	27
2.1 Физические основы для разработки гидроакустических систем	27
2.2 Определяющие технические характеристики ГАС	33
3 ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	38
3.1 Выбор ГАС для судна экологического мониторинга.....	38
3.1.1 Анализ применимости ГАС для судов различного назначения....	38
3.1.2 Гидролокаторы с подкильными антеннами	52
3.1.3 Гидролокаторы с буксируемыми сосредоточенными антеннами.	63
3.1.4 Гидролокаторы с гибкими протяженными буксируемыми антеннами.....	66
3.1.5 Обтекатели гидроакустических антенн	77
3.2 Техничко-экономическое обоснование применения гидроакустических средств судна экологического мониторинга	79
3.2.1 Описание комплектации гидроакустических средств экологического судна.....	79
3.2.2 Определение затрат на реализацию экологической миссии	79
3.2.3 Расчёт затрат на ликвидацию аварии подводного нефтепровода.	81
3.2.4 Техничко-экономическое обоснование экологической миссии	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	84
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	87

ВВЕДЕНИЕ

Исследования, проведенные экологами в морях и океанах, показали, что в последнее время происходят изменения в определенных морских экосистемах, связанные с действием вредных веществ, и в первую очередь с разливом нефти и нефтепродуктов. Все это приводит к разработке новых систем экологического мониторинга водных поверхностей и в случаях разлива нефти в ее локализации с возможностью устранения последствий. При этом, устранение последствий связано с определением необходимого состава сил и средств, а также проведения непосредственных мер по выявлению и ликвидации разливов вредных веществ или нефти (нефтепродуктов).

Одним из рациональных подходов является создание систем экологического мониторинга на основе использования специализированного судна. Это дает возможность не только снять пробы морской воды, но и использовать имитационные системы, осуществляющие прогнозирование результатов разлива вредных веществ (в частности, нефти и нефтепродуктов), с определением возможного района распространения и оценки риска воздействия на окружающую среду с исчислением ущерба экосистеме.

Кроме этого, необходимо выработки рекомендаций по проведению организационно-технических рекомендаций по привлечению сил и средств, для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в морской среде. Это необходимо для локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций при возможных разливах вредных веществ, нефти и нефтепродуктов. Поэтому данная задача является важной и имеет прикладной характер.

Анализ источников [1-12] показал, что на сегодняшний день крупномасштабные разливы нефти и нефтепродуктов, связанные с авариями на танкерах и поврежденных нефтяных платформах, относятся к наиболее

частых и опасных по своим последствиям чрезвычайных ситуаций. Исследования показали, что на современном этапе недостаточно уделяется внимания вопросам связанных определением состояния качества водной среды, а также задач связанных с проведением экологическим мониторингом, и в случае возникновения определению размеров разлива вредных веществ или нефти (нефтепродуктов) и ее распространение в водной среде, прогнозирования распространения, а так же определение состава и расчета материально-технических средств для ликвидации последствий разлива. Все это приводят к сложной проблеме связанной с очисткой воды от данных загрязнителей и восстановления морской экосистемы в соответствие.

Поэтому особую роль играет создание и использование систем экологического мониторинга морской среды в акваториях для необходимости моделирования различных чрезвычайных ситуаций с возможностью ликвидации последствий разлива нефти и нефтепродуктов. Выполнение экологическим судном поставленных задач не представляется возможным без оборудования последнего соответствующими гидроакустическими средствами, которые выполняют следующие функции: подводное наблюдение, связь, телеметрия и телеуправление, океанографические исследования, контроль и анализ акустических полей судов и параметров гидроакустической аппаратуры, прочее.

Объект ВКР: судно экологического мониторинга.

Предмет ВКР: гидроакустические средства судна экологического мониторинга.

Цель ВКР: выбор и обоснование гидроакустических средств судна экологического мониторинга.

Задачи ВКР:

- анализ технических решений по судам экологического мониторинга;
- анализ гидроакустических средств, которыми оборудуют надводные суда;
- выбор и обоснование оборудования судна экологического мониторинга средствами гидроакустики.

1 ОПИСАНИЕ СУДНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

1.1 Назначение и классификация судов экологического назначения

По направлениям и объектами наблюдения мониторинг подразделяется на:

- сферный (объектный) мониторинг - наблюдения отдельных объектов природы (атмосферы, биосферы, экосистем, географических природных комплексов и др.). В свою очередь, он делится на мониторинги: атмосферного воздуха, гидросферы, грунтовой, биологический, сейсмический, ионосферный, Солнца, гравиметрический, магнитометрический, ландшафтный и многие другие;
- хозяйственный (отраслевой, ведомственный) мониторинг - наблюдение влияния в отраслях хозяйства и межотраслевых комплексах, других сферах хозяйственной деятельности человека, отдельных предприятиях.

Отдельно выделяют базовый, или фоновый мониторинг - это наблюдение за "дикой", "эталонной" природой, то есть природными объектами, не изменены или слабо измененными влиянием человеческой деятельности. Хотя таких природных комплексов на Земле практически не осталось, все же выбирают территории, удалении от зон основного хозяйственного освоения, биосферные заповедники и др. Такие своеобразные эталоны необходимы для того, чтобы можно было сравнить состояние трансформированных природных комплексов с якобы первичным состоянием среды и выяснить все уровень, глубину этих преобразований.

Фоновый мониторинг предусматривает систематические стационарные замеры, которые выполняются по единой программе, состояния атмосферы, почвы, природных вод и особенностей земной поверхности.

Биологический мониторинг - ориентируется на регистрацию численности, структуры популяций, характер размножения и миграции животных и растений. Биологический мониторинг подразделяется на зоологический, ботанический и антропогенное (медико-биологический).

Геологический мониторинг - исследует состояние литосферы, подземных вод, криогенных зон, глубинных (до 15 км) слоев геологического строения Земли.

Гидрометеорологический и геофизический мониторинг - рассматривает общую циркуляцию и состояние атмосферы, электромагнитных полей, ионизации излучения, озонового слоя, гидрологических процессов в мировом океане и другие подобные вопросы глобальных процессов на Земного шара.

По масштабам территорий наблюдения выделяют:

- глобальный мониторинг - охватывает станции слежения планетарного масштаба. Сам термин «мониторинг» впервые появился в рекомендациях комиссии скопом (Научный комитет по проблемам окружающей среды) при ЮНЕСКО в 1971, а в 1972 были сформулированы первые предложения по созданию Глобальной системы мониторинга окружающей среды (Стокгольмская конференция ООН по окружающей среды). Глобальный мониторинг представлен постоянными и временными (специальные научно-исследовательские экспедиции) станциями (частично автоматически действующими) в космическом пространстве, океане, на суше (в том числе в биосферных заповедниках), Антарктиде и Арктике, зондированием атмосферы (метеорологические зонды и ракеты) и др. Значительная часть станций следует, или действует под эгидой ООН, используются также средства наблюдения, являются собственностью многих высокоразвитых стран мира, прежде всего США, Европы и др. Бывший Советский Союз также имел большое количество станций в мировом океане, на специальных научно-исследовательских судах и др. Частично информацию для глобального мониторинга дают системы наблюдения отдельных стран мира;

- импактный (региональный и локальный) мониторинг - экологический контроль на территории отдельных стран, их регионов, городов, отдельных природных и хозяйственных объектов.

Глобальный и импактный мониторинг отличаются площадью наблюдения, расстоянием между пунктами взятия (отбора) проб, частотой (часы, месяцы, годы) наблюдений, количеством компонентов наблюдения, точностью и оперативностью подачи информации.

Суда экологического мониторинга, осуществляющие контроль экологических показателей водной среды [13-22].

Классификация судов приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация судов экологического направления

1.2 Характеристика судов экологического мониторинга

Особенности проведения экологического мониторинга в акватории моря связано с созданием системы регионального мониторинга, которая осуществляет наблюдение за качеством поверхностных вод, характеристику глубинного профиля и использует следующие принципы: комплексность и систематичность наблюдений, согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями, определения показателей качества воды единственными методами. При этом применяются программы контроля за физическими, химическими, гидробиологическим и гидрологическими показателями; осуществляется периодичность проведения контроля; проводится отбора и анализа проб воды, в соответствии существующих методик.

Организация проведения экологического мониторинга морских экосистем является комплексной системой наблюдений за их атмосферными, поверхностными и подземными источниками. Поэтому оценку состояния необходимо проводить в отношении комплексной системы наблюдений, оценки и прогноза изменения состояния природной среды под влиянием антропогенных факторов.

Экологический мониторинг проводится выходами или из значения степени антропогенного воздействия на экосистему на основе применения пунктов наблюдений и являются точками, где систематически осуществляется отбор проб для дальнейшей оценки показателей качества воды.

Как посты наблюдений используют гидрометеорологические буи, на которые в автоматическом режиме собираются первичные данные о морскую среду (температуре, влажности, солености, уровнях концентрации и т.д.). Эти данные передаются на гидрометеорологические станции, где предоставляются по требованию. Однако сбор первичной информации не

дает полной картины об изменении морской экосистемы в случае антропогенного воздействия.

Поэтому применяются специализированные суда экологического мониторинга, они являются экспериментальными лабораториями, оснащенными оборудованием для оценки состояния водных систем экспрессным или дистанционными автоматизированными методами.

При этом, специализированные суда располагают автоматические станции контроля качества воды, выполняют работу в автономном режиме эффективными средствами.

Недостатком данных технических средств, является минимальная допустимая автономность плавания судна, определяемая количеством и дислокацией приемных устройств в районе предполагаемой эксплуатации судна.

В связи с этим предлагается использовать методику проведения экологического мониторинга акватории моря с помощью специализированного судна на основе поэтапного выполнения существующего научно-методического аппарата, представленного в работе.

Некоторые элементы системы показаны на рисунках 3-5.



Рисунок 2 - Патрульное природоохранительное судно экологического контроля «Россия», пр.

23107Э1



Рисунок 3 – Дистанционный обнаружитель нефти

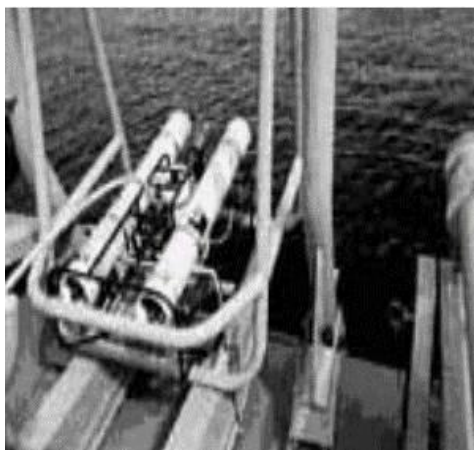


Рисунок 4 – Комплекс телеуправляемого подводного аппарата



Рисунок 5 - Комплекс контроля поверхностного слоя воды

Методика проведения экологического мониторинга морской среды в акватории включает три основных взаимосвязанных этапа:

- 1 Этап. Экологический мониторинг морской среды.
- 2 Этап. Комплексная оценка и прогнозирование состояния морской среды.

3 Этап. Ликвидация последствий антропогенного воздействия.

Рассмотрим подробнее первый и второй этапы, поскольку они являются ключевыми при проведении мониторинга, а также при обосновании решения на ликвидацию последствий разлива вредных (отравляющих) веществ.

1 Этап. Экологический мониторинг морской среды.

На начальном этапе организации экологического мониторинга по наблюдению и контролю качества морских вод является определение территории наблюдения и мест (точек) контроля. Место контроля выбирается в первую очередь в тех точках, в которых есть большое антропогенное воздействие, а также склонных к значительному загрязнению вредных веществ (место добычи нефти). Поэтому необходимо провести анализ состояния морской среды с учетом влияния внешних метеоусловий. Это необходимо для дальнейшего использования в имитационной модели при прогнозировании.

Для исследования природных процессов воздействия метеоусловий и определения фонового состояния морской среды имеют данные (эталонные) не подвержены прямой антропогенного воздействия в местах, в т.ч. расположенных на территориях наблюдения. Кроме этого, местоположение изменений устанавливаются с учетом гидрометеорологических и морфологических особенностей водной среды, возможных расположений источников загрязнения, количества, состава и свойств вредных веществ (при нефтедобыче, разлива нефтепродуктов и т.д.), возможных вариантов.

Использование специализированного судна позволяет осуществить экологический мониторинг при начальном выводе судна в заданные точки прилегающую к зоне разлива, но не заходя в нее, с возможностью проведения автономного наблюдения. Это осуществляется благодаря тому, что специализированные суда оснащены гидрохимическими и гидробиологическими лабораториями для выполнения анализов проб воды.

По возможности используются автоматические методы отбора проб и автоматическое определение показателей. Таким образом, специализированное судно обеспечивает сбор данных, анализируя их, осуществления первичную обработку и обобщение полученных данных.

Специализированное судно также обеспечивают также передачу информации в центр организации мониторинга.

В соответствии отбора проб морской воды проводится физико-химический анализ водной среды и определения меры, зоны разлива в морской акватории.

Химический состав воды в пробе, отобранной в створе источника загрязнения, характеризует фоновые показатели качества воды в данной точке. Сравнение фоновых показателей с показателями качества воды в пробе, позволяет судить о характере и степени загрязненности воды под влиянием источников загрязнения.

Изменение химического состава воды в пробах, дает возможность оценить степень влияния отравляющих веществ на морскую экосистему.

В зависимости от отравляющего вещества (нефти или нефтепродуктов) зависит программа и методика отбора проб, использование тех или иных методов и устройств сбора данных о разливе.

2 Этап. Комплексная оценка и прогнозирование состояния морской среды.

Комплексная оценка экологического мониторинга включает предоставление данных о состоянии окружающей природной среды для определения фактического уровня загрязнения и предупреждения о критических ситуациях, создаваемых вредные для экосистем [6]. Поэтому на данном этапе проводится постоянная оценка условий воздействия вредных веществ при их разливе на морскую акваторию, а также проводится оценка состояния и функциональной целостности экосистемы.

Кроме этого, определяются условия для необходимой корректировки действий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не

достигаются, то есть осуществляется выработка оптимального управленческого решения по ликвидации последствий разлива вредных веществ [6]. При этом, основной задачей комплексной оценки состояния является получение информации: для оценки показателей состояния и функциональной целостности экосистемы; выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, а также определить меры в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются; создать предпосылки для определения мер по локализации и ликвидации возникающих негативных ситуаций, связанных с нарушением морской экосистемы.

Кроме этого, осуществляется прогнозирование изменения морской экосистемы под влиянием управляющего при выборе того или иного инструментария ликвидации последствий.

При этом, выбор состава контролируемых показателей должен учитывать специфику вредного вещества (нефти или нефтепродукта) основываясь на анализе нормативной документации и научно-методической литературы. Это позволит осуществить контроль на источниках воздействия на морское обитания; контроль сопредельной территории распространения вредных веществ; прогнозирования участков загрязнения.

Необходимо также учитывать состав контролируемых показателей, частота наблюдений и количество точек контроля, корректируются в зависимости от интенсивности техногенной нагрузки. Увеличение размеров площади воздействия вредных отравляющих веществ (нефти или нефтепродуктов) осуществляющих усиление техногенного воздействия, как правило, вызывает необходимость расширения зоны наблюдения и увеличение частоты наблюдений. Снижение техногенной нагрузки, подтвержденное фактическими натурными измерениями, влечет за собой сокращение количества точек наблюдения с последующим ведением мониторинга на участках, где были зафиксированы негативные изменения. При этом, организация системы сбора и передачи данных о загрязняющих

веществ, воздействующих на морскую экосистему, позволит принимать обоснованные управленческие решения по снижению негативных воздействий на акваторию моря.

3 Этап. Ликвидация последствий антропогенного воздействия при разливах отравляюще веществ рассматривается в работе [7], в которой на основе примера представлено физико-химические свойства нефти и нефтепродуктов для организации основных этапов и последующей ликвидации разливов в морской акватории.

Особенностью ликвидации последствий является определение физических и химических свойств веществ, влияющих на морскую среду, а также процентное соотношение различных фракций отдельных классов. Это дает возможность определить степень влияния на морскую воду.

В состав интегрированной системы экологического мониторинга (ИСЭМ) входят:

- гидроакустические средства (ГАС): гидролокатор секторного обзора (ГСО), 2 гидролокатора бокового обзора (ГБО) (рисунок 6), широкий спектр инженерных реализаций по которым представлен в [25]; 2 многолучевых эхолота [26], гидроакустические профилографы (например, ГП-400 [27]), буксируемые сейсмокося с пневматической пушкой (используется для геологоразведочных работ на шельфе) и ГАС с гибкой протяженной буксируемой антенной (ГПБА) типа «Виньетка-ЭМ» [25] со спускоподъемным устройством (СПУ);

- судовая навигационная РЛС;

- оптические средства [28], гидрофизические, радиационные и химические датчики [24];

- автономный (АПА) или телеуправляемый подводный аппарат (ТПА), оснащенный ГБО, сейсмическим профилографом, телевизионными средствами и гидрофизическими датчиками;

- стандартные средства пробоотбора;

- специализированная лаборатория предварительного анализа проб и их по следующая консервация;
- подсистема гидроакустических и гидрофизических расчетов;
- базы данных БД1 и БД2 (БД1 – база данных по характеристикам толщи воды, дна, помехо-сигнальной обстановке; БД2 – банк типовых и чрезвычайных ситуаций, потенциально-опасных объектов);
- подсистема информационной поддержки принятия решений (информационно-экспертная подсистема, вырабатывающая рекомендации по действиям оператора в типовых и чрезвычайных ситуациях и использующая геоинформационные технологии);
- интегрированный пульт управления и комплексной обработки информации.

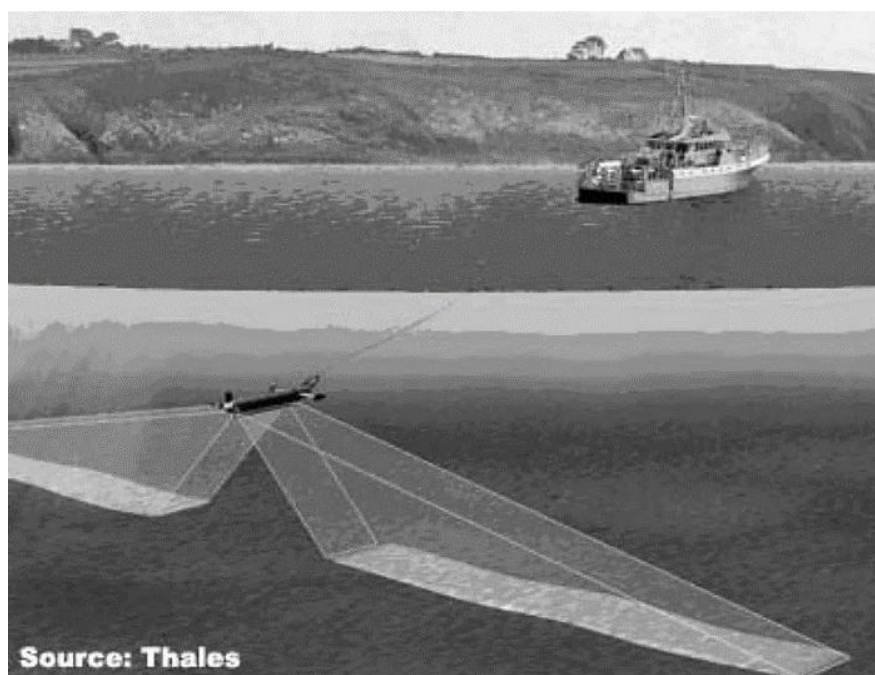


Рисунок 6 – Зона обнаружения ГБО французской фирмы Thales

ИСЭМ должна разрабатываться на основе системного подхода и модульного принципа построения. Предназначение элементов ИСЭМ показано в таблице 1.

На рисунке 7 представлена структура данной системы, в которой выделены информационное, интегрирующее и решающее звенья, в соответствии с терминологией теории ситуационного управления

(применяется при создании систем с элементами искусственного интеллекта).

Таблица 1 - Предназначение элементов ИСЭМ

Вид потенциально опасного объекта	Судовое поисково-обследовательское средство
Разлив нефтепродуктов на поверхности моря на больших дальностях	Навигационная РЛС
Нефтяные пятна на поверхности моря вблизи судна	Радиометр, высокочувствительная скоростная видеокамера, лазерный регистратор
Токсикологическая опасность (растворенные газы недопустимой концентрации) выше слоя скачка скорости звука	Лидар, ГСО
Загрязненные глубинные слои	Кислородные РН, химические и оптические датчики, многолучевой эхолот, средства пробоотбора
Навигационно-опасные объекты в толще воды, якорные мины	ГСО
Вид потенциально опасного объекта	Судовое поисково-обследовательское средство
Радиологическая опасность	Радиоактивные датчики
Затонувшие корабли, суда, самолеты	ГСО, ГБО
Захоронения боеприпасов, контейнеров с отравляющими веществами, свалки мусора на дне	ГБО, многолучевой эхолот, АПА (ТПА), средства пробоотбора
Заиленные затонувшие объекты, захоронения опасных объектов	ГБО, среднечастотный профилограф, АПА (ТПА)
Находящиеся в донном слое (до 20–40 м) объекты	Низкочастотный профилограф с использованием ГЧМ-сигналов, буксируемая сейсмокося с пневматической пушкой, АПА (ТПА)
Контроль состояния подводных гидротехнических сооружений, трубопроводов, шумовой «фон» ММГ и других подводных сооружений	ГБО, сейсмический профилограф, многолучевой эхолот, средства пробоотбора, ГПБА, буй-ретранслятор ССДД ТС ММГ
Начало сейсмической активности, цунами, подводные взрывы и аварии гидротехнических сооружений, пробои подводных кабелей	Буксируемая сейсмокося, ГПБА

Концепция специального судна экологического контроля «ЭкоПатруль» (проект 16220) была разработана совместно с Ассоциацией Предприятий Морского Приборостроения (Санкт-Петербург) и Морским Инженерным Центром (Санкт-Петербург). Катамаран оборудован уникальным приборным комплексом, созданным на базе конверсионных технологий. Комплекс позволяет контролировать более 60 параметров воды, донного грунта и атмосферы различных акваторий.

Корпус и надстройка судна выполнены из алюминиевого сплава. Служебные и жилые помещения находятся в отдельном модуле центральной части судна. Модуль установлен на амортизаторах, что позволяет исключить шум и вибрацию в жилых и служебных помещениях. Габариты модуля 10м x 6,5м x 2,8м. Планировка модуля может быть решена в соответствии с особыми требованиями заказчика, любым способом. Катамаранная схема обеспечивает размещение на борту судна научно-исследовательских погружаемых и буксируемых аппаратов.

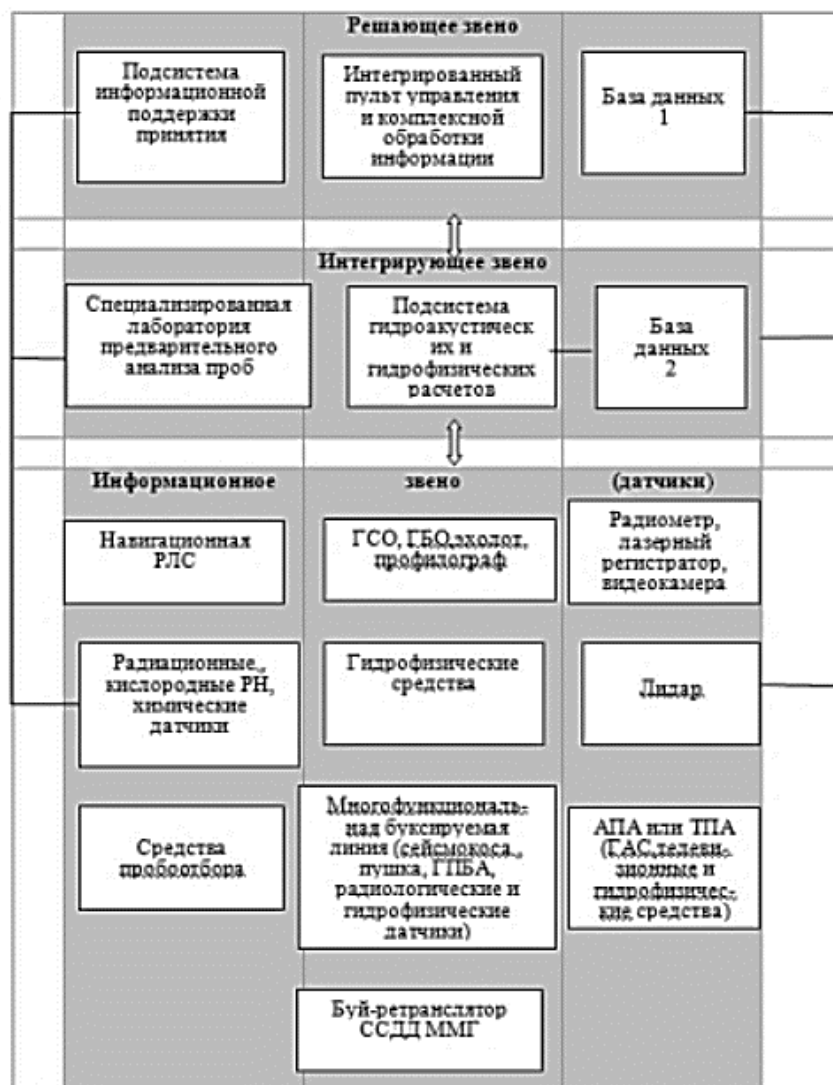


Рисунок 7 - Структура судовой ИСЭМ

Описание существующих проектов судов экологического мониторинга представлены ниже.

Судно оснащено носовым крылом и имеет форму корпуса, обеспечивающую низкое волнообразование. Судно может работать, как в

прибрежной зоне, так и на внутренних водоемах с гарантированными глубинами свыше 1,5 м.

Место постройки: Морской завод "Алмаз" (Россия, г. Санкт-Петербург).

Класс Регистра: "0-ПРА"



Рисунок 8 – Судно экологического мониторинга «ЭкоПатруль» (проект 16220) [13-22]

Характеристики:

Длина наибольшая: 30,2 м

Ширина наибольшая: 6,6 м

Высота борта: 2 м

Осадка: 0,8

Водоизмещение: 63,2 т

Скорость эксплуатационная: 22 уз

Расчетная автономность: 8 сут

Экипаж: 2 чел

Научно-исследовательский персонал: 4 чел

Мощность ГД: 2х588 кВт

Марка ГД: М419ХБ "Звезда"

Дальность плавания: 600 миль

Материал корпуса и надстройки: АМг61

- Плавучая контрольно-дозиметрическая станция (проект 7038).

Место постройки: СРЗ №893 / "Звездочка (СССР, г. Северодвинск);

ССЗ им. Ленинского Комсомола (СССР, г. Комсомольск-на-Амуре);

Чкаловская судостроительная верфь — достроены на ССЗ «Красное Сормово им. А.А. Жданова» (СССР, Г. Горький).

Характеристики:

Длина габаритная: 57,85 м

Ширина габаритная: 7,6 м

Высота борта: 2,85 м

Надводный борт: 1,85 м

Осадка: 1 м

Валовая вместимость: 829,21 рег.т

Дедвейт: 118 т

Водоизмещение: 433 т



Рисунок 9 – Судно экологического мониторинга проект 7038 [13-22]

- Судно экологического мониторинга (проект 21232).

Назначение судна: судно предназначено для экспресса анализа состояния воды в р. Амур, определения и выявления начала развития опасного загрязнения водных ресурсов, оповещения водопользователей и контролирующих органов, выдачи рекомендаций по проведению экстренных мероприятий по ликвидации источников загрязнения и проведение гидрографических работ. Судно оснащено лабораториями, в которых размещаются приборы и оборудование природоохранного комплекса «Акватория».

Место постройки: Амурский СЗ (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре).

Класс Регистра: "О-ПР"

Характеристики:

Длина: 20,6 м

Ширина: 5,48 м

Высота борта: 2,43 м

Осадка по грузовую марку: 1,2 м

Дедвейт: 10,65 т

Валовая вместимость: 70,64 рег.т



Рисунок 10 - Судно экологического мониторинга (проект 21232) [13-22]

Автономность плавания:

— по запасам топлива: 3 сут

— по судовым запасам: 10 сут

— по экологической безопасности: 10 сут

Скорость хода: 9,8 уз

Экипаж: 7 чел

Научные сотрудники: 4 чел

Марка ГД: дизель ЯМЗ-238ДС

Мощность ГД: 1х199 кВт.

В развитие успеха создания судов «ЭкоПатруль», предназначенных для экологического мониторинга прибрежной зоны и внутренних водоемов, в 1997 году был разработан проект мореходного судна экологического контроля проекта 23107Э. Проект создан на базе опробованного морем пассажирского катамарана. Новое судно оборудовано приборным комплексом, позволяющим контролировать более 60 параметров состояния воды, донного грунта и атмосферы морских акваторий. Корпус и надстройка судна выполнены из алюминий-магниевого сплава. Судно оснащено современными техническими средствами и радионавигационным оборудованием. Автономность судна пять суток. Экипаж судна состоит из 10 человек, включая научно-инспекторский персонал.

Служебные и жилые помещения находятся в отдельном модуле центральной части судна. Модуль установлен на амортизаторах, что позволяет исключить шум и вибрацию в жилых и служебных помещениях. Габариты модуля 14м x 8,5м x 2,85м. Планировка модуля может быть решена в соответствии с особыми требованиями заказчика. Катамаран позволяет удобно разместить научно-исследовательские погружаемые и буксируемые аппараты.



Рисунок 11 - Судно экологического мониторинга (проект 23107Э) [13-22]

Место постройки: Морской завод "Алмаз" (Россия, г. Санкт-Петербург).

Класс Регистра: "КМ2А3СС"

Характеристики:

Длина наибольшая: 32,5 м

Ширина наибольшая: 8,4 м

Высота борта: 3,3 м

Осадка: 1,75 м

Водоизмещение: 134,6 т

Скорость эксплуатационная: 28 уз

Расчетная автономность: 5 сут

Экипаж: 7 чел

Научно-исследовательский персонал: 3 чел

Мощность ГД: 2х990 кВт

Марка ГД: ДРА370М.

1.3 Классификация гидроакустических средств надводных кораблей

Звуковые волны - единственный вид волн, которые имеют возможность распространяться в морской среде без ослаблению на значительные расстояния, поэтому на их основе создаются дистанционные методы и

технологии изучения рельефа дна, исследование состава и различных свойств морских грунтов и отложных пород, определения глубин и обнаружения движущихся и неподвижных объектов, поиск затонувших и заиленных объектов различных размеров и конфигурации, исследования состояния подводных частей гидротехнических сооружений, неоднородностей морской среды и др.

Применение гидроакустики реализуется с помощью гидроакустических средств. Гидроакустическое устройство представляет из себя техническое устройство или совокупность устройств, принцип действия которых основан на использовании акустических волн в водной среде.

К гидроакустическим средствам можно отнести (рисунок 12):

Гидроакустические комплексы; эхолоты - является разновидностью гидролокатора более узкого назначения; гидролокаторы; шумопеленгаторы (пассивное средство подводного наблюдения) - определяет направление источника шума.

С использованием гидроакустических средств (датчиков) создаются и выполняются следующие технологии: геоакустические; разведки сырьевых и биологических ресурсов; мониторинга стратификации морской среды; комплексного мониторинга эксплуатации трубопроводных систем углеводородного сырья; гидроакустические в борьбе с морскими минами; выявления и классификации подводных диверсионных сил; гидроакустические станции и комплексы надводных кораблей и подводных аппаратов; гидроакустические системы освещения подводной обстановки в зоне ответственности.

Большинство из этих технологий имеет однородные составляющие и может использоваться для решения нескольких задач, то есть технологиями двойного назначения. Поэтому усилия всех ведомств, организаций и учреждений, интересы которых так или иначе связанные с водным средой, должны быть соединены на комплексном решении проблем.

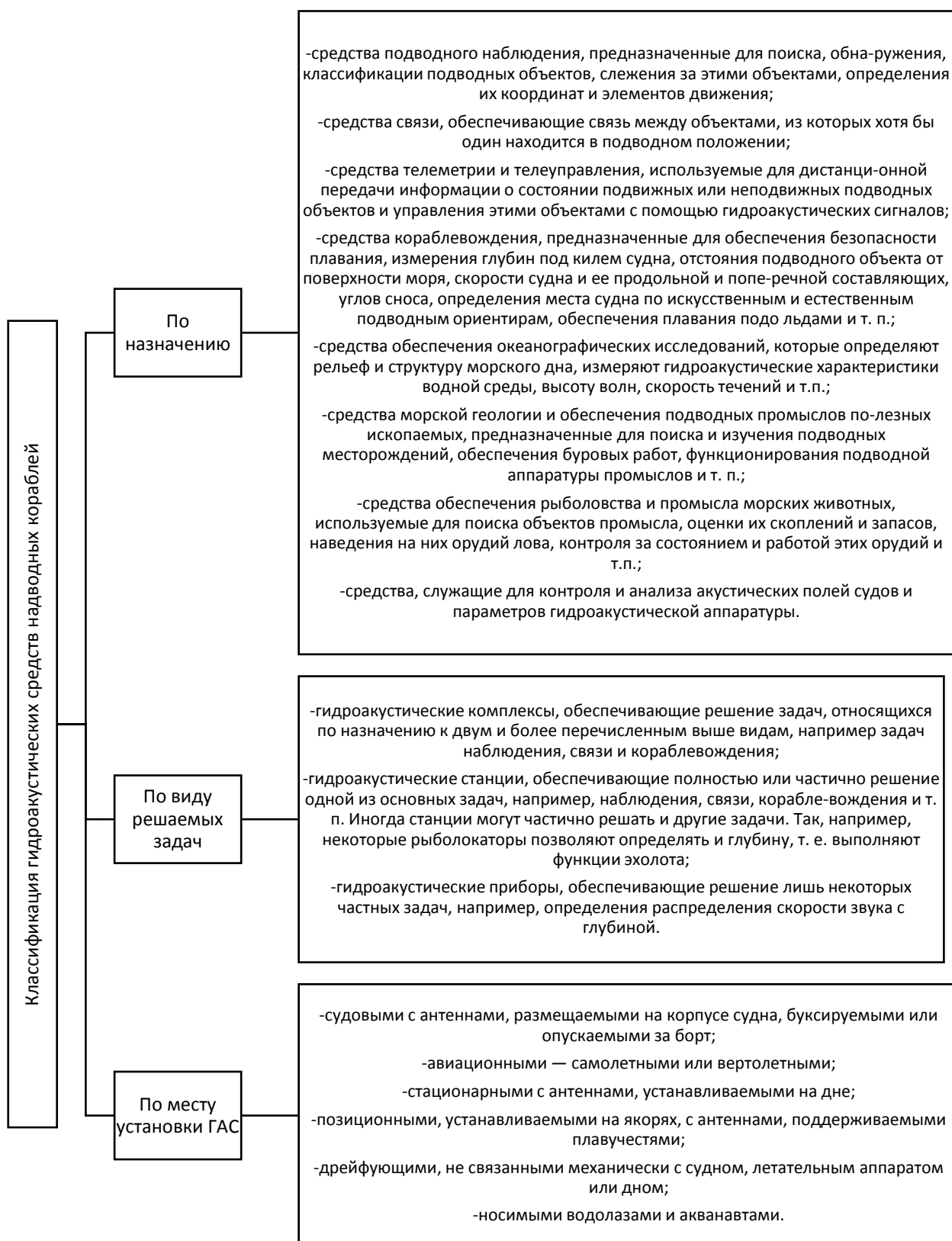


Рисунок 12 - Классификация гидроакустических средств надводных кораблей

Выводы:

Представленная глава посвящена описанию объекта ВКР – судна экологического мониторинга. Приведена классификация судов экологического мониторинга. Обслуживающие водные пути: нефтесборщики, мусоросборщики, нефтемусоросборщики, вспомогательные суда и специальное оборудование; Обслуживающие транспортный флот: станции для приема жидких радиоактивных отходов, станции комплексной переработки отходов, суда сборщики отходов, сборщики нефтесодержащих вод; осуществляющие экологический мониторинг: суда экологического мониторинга.

Также представлены техническое описание и технические характеристики судов, задействованных при осуществлении экологического надзора Мирового океана. Экологический мониторинг проводится выходами или из значения степени антропогенного воздействия на экосистему на основе применения пунктов наблюдений и являются точками, где систематически осуществляется отбор проб для дальнейшей оценки показателей качества воды.

Как посты наблюдений используют гидрометеорологические буи, на которые в автоматическом режиме собираются первичные данные о морскую среду (температуре, влажности, солености, уровнях концентрации и т.д.). Эти данные передаются на гидрометеорологические станции, где предоставляются по требованию. Однако сбор первичной информации не дает полной картины об изменении морской экосистемы в случае антропогенного воздействия.

Поэтому применяются специализированные суда экологического мониторинга, они являются экспериментальными лабораториями, оснащенными оборудованием для оценки состояния водных систем экспрессным или дистанционными автоматизированными методами.

При этом, специализированные суда располагают автоматические станции контроля качества воды, выполняют работу в автономном режиме эффективными средствами.

Недостатком данных технических средств, является минимальная допустимая автономность плавания судна, определяемая количеством и дислокацией приемных устройств в районе предполагаемой эксплуатации судна.

Представлена техническая характеристика и классификация гидроакустических средств надводных кораблей.

2 ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ

2.1 Физические основы для разработки гидроакустических систем

Гидроакустика - раздел акустики, изучающий излучения, прием и распространение звуковых волн в реальной водной среде (в океанах, морях, озерах и т. Д.) Для целей подводной локации, связи и т.д.

Главная особенность подводных звуков - их малое затухание, в результате чего под водой звуки могут распространяться на значительно большие расстояния, чем, например, в воздухе.

Кроме затухания, обусловленного свойствами самой воды, на дальность распространения звуков под водой влияют рефракция звука, его рассеяние и поглощение различными неоднородностями среды.

Скорость распространения звука меняется с глубиной, причем изменения зависят от времени года и дня, глубины водоема и ряда других причин.

Звуковые лучи, исходящие из источника под некоторым углом к горизонту, изгибаются, причем направление изгиба зависит от распределения скоростей звука в среде:

- летом, когда верхние слои теплее нижних, лучи изгибаются вниз и в большинстве отражаются от дна, теряя при этом значительную долю своей энергии;

- зимой, когда нижние слои воды сохраняют свою температуру, между тем как верхние слои охлаждаются, лучи изгибаются вверх и многократно отражаются от поверхности воды, при этом теряется гораздо меньше энергии. Поэтому зимой дальность распространения звука больше, чем летом.

Вертикальное распределение скорости звука (ВРСЗ) и градиент скорости оказывают определяющее влияние на распространение звука в

морской среде. Скорости звука в различных районах Мирового океана разные и изменяются во времени. Различают несколько типичных случаев ВРСЗ:

- изотермия
- положительная рефракция
- отрицательная рефракция
- неоднородное распределение

Вследствие рефракции могут образоваться мертвые зоны - области, расположенные недалеко от источника, в которых слышимость отсутствует.

Наличие рефракции может приводить и к увеличению дальности распространения звука - явлению сверхдальнего распространения звуков под водой.

На распространение звуков высокой частоты, когда длины волн очень малы, влияют мелкие неоднородности, обычно имеющиеся в природных водоемах: пузырьки газов, микроорганизмы и т. Д.

Эти неоднородности действуют двояким образом: они поглощают и рассеивают энергию звуковых волн. В результате с повышением частоты звуковых колебаний дальность их распространения сокращается. Особенно сильно этот эффект заметен в поверхностном слое воды, где больше неоднородностей.

Рассеяния звука неоднородностями, а также неровностями поверхности воды и дна вызывает явление подводной реверберации, сопровождающей посылку звукового импульса: звуковые волны, отражаясь от совокупности неоднородностей и сливаясь, дают затягивание звукового импульса, продолжается после его окончания.

Пределы дальности распространения подводных звуков так же ограничиваются собственными шумами моря, имеют двоякое происхождение:

-часть шумов возникает от ударов волн на поверхности воды, от морского прибоя, от шума перекачиваются гальки и т.д.;

-другая часть связана с морской фауной (звуки, производимые гидробионтами: рыбами и др. морскими животными). Этим очень серьезным аспектом занимается биогидроакустика.

Гидроакустика получила широкое практическое применение, так как никакие виды электромагнитных волн не распространяются в воде (вследствие ее электропроводности) на сколько-нибудь значительные расстояния, и поэтому звук является единственным возможным средством связи под водой.

Для этих целей пользуются звуковыми частотами от 300 до 10000 Гц и ультразвуками от 10000 Гц и выше. Как излучатели и приемники в звуковой области используются электродинамические и пьезоэлектрические излучатели и гидрофоны, а в ультразвуковой - пьезоэлектрические и магнитострикционные. Кроме звукоподводной связи гидроакустика применяется для:

- Выявление шумовых сигналов и определения направления на них;

- Излучения акустических сигналов, выявления отраженных сигналов и определения координат;

- Классификации выявленных сигналов

- Наиболее существенные применения гидроакустики:

 - Для решения военных задач;

 - Морская навигация;

 - Звукоподводная связь;

 - Рыбопоисковых разведка;

 - Океанологические исследования;

 - Сферы деятельности по освоению богатств дна Мирового океана;

 - Использование акустики в бассейне (дома или в тренировочном центре по синхронному плаванию);

 - Тренировка морских животных.

При падении волны на границу раздела двух сред имеет место эффект отражения и преломления. Если обе среды являются жидкостями (или

газами) формируются две волны - отражена и загнута - обе продольные. Если первое среда является жидкостью, а второе твердым телом, то формируются три волны: одна отражена и две загнутые - продольная и поперечная. В лучевом приближении углы отражения и преломления лучей акустических волн описываются известным законом Снеллиуса, а частоты колебаний в условиях движения тела - выражением для эффекта Доплера. В статических условиях в соответствии с законом Снеллиуса для плоской границы раздела «жидкость-твердое тело»:

$$\frac{\sin \alpha}{c_1} = \frac{\sin \beta}{c_1} = \frac{\sin \gamma}{c_{2l}} = \frac{\sin \delta}{c_{2t}}, \quad (1)$$

где α - угол падения луча;

c_1 - скорость распространения акустических колебаний в жидкости (первой среде)

β - угол отражения;

γ - угол преломления луча продольной волны;

c_{2l} - скорость распространения продольных акустических колебаний во втором среде;

δ - угол преломления луча поперечной акустической волны;

c_{2t} - скорость распространения поперечных акустических колебаний в твердом теле.

Согласно формуле (1) угол отражения равен углу падения, а отношение синусов углов отражения в синус угла падения равен отношению соответствующих скоростей распространения акустических колебаний.

При нормальном падении луча на плоскую поверхность тела в условиях постоянной скорости его движения эффект Доплера может быть описан выражением:

$$f_R = f_I \frac{1 + v_n / c_1}{1 - v_n / c_1}, \quad (2)$$

где f_I - частота колебаний волны падает;

f_R - частота колебаний отраженной волны;

v_n - нормальная составляющая скорости движения тела.

Закон Снеллиуса (1) и эффект Доплера (2) используются в уравнениях измерения многих акустических и гидроакустических устройств и в методах измерения.

Реальные условия работы гидроакустических приборов часто характеризуются неоднородностью среды и движением объектов исследования, среды и самих приборов. Исследования показывают существование существенного влияния таких динамических условий на акустические процессы и эффекты.

Проф. И. Горбанем в 2004 году было установлено, что при перемещении плоской границы раздела двух жидкостей вдоль собственной нормали значение угловых и частотных параметров, отраженной и загнутых волн, отличаются от значений, дают классические выражения для закона Снеллиуса (1) и эффекта Доплера (2). Отклонение угловых и частотных параметров зависят от характеристик первичной акустической волны, параметров сред, направления и скорости движения границы их раздела.

Установлено для границы раздела двух жидкостей отклонения закона отражения и преломления в динамических условиях от классического закона Снеллиуса (1) и эффекта Доплера (2) сделало актуальным углубление исследования этого эффекта, в частности распространения полученных результатов на случай движения твердого тела в жидкости, и разработку уравнений гидроакустических измерений направления и скорости движения объектов, в которых корректно учитываются существующие закономерности.

Расчеты показывают, что даже при небольших, по сравнению со скоростью звука в среде, скоростях движения тела наблюдается заметное отклонение от закона Снеллиуса. Величина смещения зависит, как от абсолютного значения скорости, так и от направления движения тела. В случае движения тела от волны падающего углы отражения и преломления

отклоняется в сторону тела. При движении тела в обратные направления - они отклоняются в сторону от тела.

Движение твердого тела с нормальной составляющей скорости 10 м/с приводит к отклонения угла отражения в $0,75^\circ$ и углов преломления в -6° . Движение тела с тангенциальной составляющей скорости 10 м/с приводит к отклонения углов преломления продольной волны в 3° и поперечной к 5° .

Движение тела приводит к смещению частот отраженной и загнутых волн относительно описывающих классический эффект Доплера. Величина смещения зависит от угла падения.

Согласно принципу Гюйгенса каждую точку среды, которой достигла волна, можно рассматривать как источник вторичных сферических волн, распространяющихся во всех направлениях со скоростью, присущей данной среде. Огибающая поверхность - поверхность касается всех сферических поверхностей в данный момент времени, - представляет собой волновой фронт вторичной волны. Опираясь на этот принцип, построено графическую схему отражения плоской волны с волновым вектором от плоской поверхности твердого тела, движущегося в жидкости вдоль оси y с постоянной скоростью v .

Исследовано акустические эффекты отражения и преломления лучей на плоской поверхности твердого тела, движущегося в жидкости. В рамках исследования разработаны усовершенствованную математическую модель отражения и преломления акустических лучей на поверхности твердого тела, движущегося в жидкости.

Установлено, что при движении тела имеет место отклонение углов отражения и преломления лучей от тех, что дает закон Снеллиуса, и имеет место отклонение частот отраженной и загнутых волн от тех, которые описываются классическим эффектом Доплера.

Установлено, что отклонение угловых и частотных параметров отраженной и загнутых волн растёт с ростом скорости движения тела. Даже при небольших, по сравнению со скоростью звука в жидкости, скоростях

движения тела наблюдается заметное отклонение параметров от тех, которые описываются классическими законом Снеллиуса и эффектом Доплера. Для рассматриваемого случая движение тела с нормальной составляющей скорости 10 м/с приводит к отклонения угла отражения в $0,75^\circ$ и углов преломления в -6° . Движение твердого тела с тангенциальной составляющей скорости 10 м/с приводит к отклонения углов преломления продольной волны в 3° и поперечной к 5° .

Таким образом, выявлено, что при измерении скорости и направления движения объектов с использованием классических формул, описывающих закон Снеллиуса и эффект Доплера, возникают исключены систематические погрешности, уменьшить которые можно путем использования полученных в диссертационной работе выражений. Для многопозиционной гидроакустической системы исследованы величины этих погрешностей и предложен алгоритм их уменьшения.

2.2 Определяющие технические характеристики ГАС

Одними из главных задач современной метрологической науки является повышение точности измерений и разработки новых методов, обеспечивающих высокоточные измерения.

Для обеспечения высокой точности измерений необходимо учитывать все особенности излучения акустических колебаний, их распространения, отражение, преломление, приема и обработки информации. Существующие методы акустических измерений ориентированы, главным образом, на статические и стационарные условия работы, когда объекты, параметры которых измеряются, не двигаются, или двигаются с постоянной скоростью. Однако, последние годы встают новые задачи по акустических измерений в динамических условиях, решение которых требует исследований в соответствующей области.

Геоакустические технологии - технологии научных исследований дна и донных отложений, разведки минеральных ресурсов, экологического мониторинга акваторий при их добыче и транспортировке и др. - предусматривают использование эхолотов, гидролокаторов бокового обзора, учитывая профилографы.

Многолучевые эхолоты дают точную и совершенную информацию о морское дно, они позволяют получить информацию о глубине в плоскости, перпендикулярной направлению движения судна, в широком секторе обзора (до 160°) с высокой разрешающей способностью по глубине (до 6 мм), имеют до 240 лучей. За последние годы широко используются развитыми государствами для изучения дна, составление электронных карт наиболее ответственных акваторий - судоходных каналов, фарватеров, бухт и т.п. Благодаря высокой разрешающей способности по глубине могут также использоваться для контроля состояния проложенных по дну трубопроводов (определение возможного прогиба, который грозит разрушением).

Гидролокаторы бокового обзора обеспечивают изучение рельефа дна по площади, выявление изменений донного грунта, поиск затонувших объектов. Дополненные фазовыми каналами обеспечивают также измерения глубин в полосе обзора, равному примерно семи глубинам под антенной с погрешностью на конце полосы не больше 3%, что позволяет определять высоту отдельных деталей рельефа (подъемов) и крупных затонувших объектов на дне и отличать подъемы от изменений типа почв. Отличаются высокой разрешающей способностью, производительностью и простотой. Имеют специфические антенны с характеристиками направленности узкими ($1 - 3^\circ$) в горизонтальной плоскости и широкими ($30 - 40^\circ$) в вертикальной. Благодаря высокой разрешающей способности дают подробную картину обследования дна, подводных частей гидротехнических сооружений (кабелей связи, трубопроводов, других технических объектов), возможность обнаружения малоразмерных подводных объектов, в том числе заиленных.

Гидроакустический профилограф — это техническое средство, предназначенное для изучения строения, гранулометрического состава и физико-механических характеристик слоистого донного почвы и представляет собой по принципу действия и состав аппаратуры чаще всего специализированный эхолот.

Для увеличения глубины проникновения в почву в состав профилографа включают параметрический акустический излучатель.

Благодаря возможности излучения низких частот (0,5 - 5 кГц), узким характеристикам направленности, малым габаритам, широкополосности, параметрический профилограф позволяет добиться высокого пространственного разрешения по углу и дистанции, получить информацию о свойствах почвы. При этом «озвученный» объем на разных частотах будет одинаковым благодаря устойчивости формы характеристики направленности параметрической антенны в широком частотном диапазоне.

Современные профилографы имеют функциональные возможности выполнять стратификацию осадочных слоев дна с разрешающей способностью до 7 см при глубине зондирования почвы к 100 м; послойное определение коэффициента отражения и других акустических характеристик донных отложений; автоматическую классификацию почвы на четыре гранулометрических класса - мулы, глины, пески, грубообломочные отложения (скальный грунт); автоматическое измерение текущей глубины места; формирование массивов измеряемых глубин слоев с определением типа почвы и привязкой к текущим координат, поступающих от приемоиндикатора GPS, необходимых для составления почвенных карт и разрезов донного грунта; архивирования и воспроизведения первичной информации рабочих галсов. В настоящее время это специализированный гидроакустический комплекс, предназначенный для выполнения работ по дистанционному почвенной съемки, появилось качественным скачком в развитии и совершенствовании технических средств съемки рельефа и почвы.

Кроме основного назначения - поиска рыбы, гидроакустическими средствами разведки и оценки биоресурсов выполняется видовая и количественная классификация рыб, оценка рыбных запасов, автоматизация процесса поисков и сопровождения объектов лова, контроль состояния и заполнения рыбой средств лова, контроль окружающей обстановки промысла с выдачей рекомендаций по управлению судном в процессе поиска и ловли промышленных объектов. для этого используются гидролокаторы кругового обзора, Рыбопоисковые эхолоты, гидроакустические средства контроля снастей лова (тралы гидролокаторы).

Современная рыбопоисковая аппаратура — это системы с адаптивной оптимизацией (к конкретным условиям подводного наблюдения), которые имеют параметрические антенны, буксируемых на глубинах до нескольких сот метров, используют сложные зондирующие сигналы, обеспечивающие поиск рыбных скоплений на дистанциях от нескольких метров до 3500 м и более.

С помощью технологии мониторинга стратификации морской среды с использованием гидроакустических средств осуществляется экологический контроль акваторий при эксплуатации морских трубопроводных систем, обнаружения утечек продукта транспортируется. При разведке сырьевых ресурсов дна морей они используются по признакам выходов газа со дна в виде пузырьков, поднимающихся везде толщу воды, а также так называемых «грязевых вулканов», при разведке биологических ресурсов используются для выявления звукорассеивающих слоев, созданных скоплениями криля и водорослей, в системах освещения подводной обстановки - для выявления кильватерных следов от объектов, которые двигались в зоне обзора несколько времен назад.

Такие технологии используют панорамные гидроакустические средства (гидролокаторы бокового, кругового (секторного) обзора, эхолоты с различными частотными диапазонами и узконаправленными антеннами.

Выводы

Согласно данным п. 2.1, 2.2. основные технические характеристики ГАС: дальность действия, скорость обзора окружающего пространства, коэффициент использования излучаемой энергии, сектор обзора в горизонтальной плоскости, мертвая зона, точность измерения координат целей, рабочая частота, оптимальная частота характеристики излучаемых сигналов, характеристики тракта обработки, акустическая мощность или давление, развиваемое на оси излучателя, длительность и форма излучаемого сигнала, полоса пропускания, коэффициент распознавания (пороговый коэффициент), чувствительность и направленные свойства акустической антенны, острота направленного действия (ОНД), острота максимума (ОМ), добавочные максимумы, коэффициент усиления АА, коэффициент помехоустойчивости, коэффициент использования площади апертуры, коэффициент распознавания, порог обнаружения и прочее.

3 ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДНА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

3.1 Выбор ГАС для судна экологического мониторинга

3.1.1 Анализ применимости ГАС для судов различного назначения

Основными типами задач судна экологического мониторинга является:

- измерение гидробиологических, гидрохимических и гидрофизических параметров среды с последующим картографированием данных;
- оценка гидрохимического состояния воды по параметрам, определяемым с помощью датчиков, и характеризующим состояние экосистемы: содержание кислорода, соленость, pH, температуру, электропроводность, мутность воды, концентрацию хлорофилла;
- оценка качественного состояния и плотности поселения макробентоса;
- экспертный анализ биоты по фотографиям и видеосъемкам дна;
- оценка мутности, освещенности и содержания кислорода для расчета продукционных возможностей планктонных сообществ;
- оценка плотности микроводорослей на единицу объема и содержания хлорофилла;
- экологическое патрулирование портов и акваторий.

Использование трубопроводных систем транспортировки углеводородного сырья по дну морей и водоемов требует тщательного исследования донных грунтов при выборе трассы прокладки, текущего мониторинга почв и рельефа дна по трассе трубопровода, контроля его технического состояния, выявления участков, которые требуют принятия неотложных мер, выявления мест утечек углеводородного сырья, дистанционных измерений и управления работой подводного оборудования, контроль за ликвидацией экологических нарушений и т.д.

Диагностика и мониторинг технического состояния морских трубопроводов имеет ряд особенностей, среди которых: недоступность для прямой визуальной диагностики их пространственного положения и повреждений без использования специальных гидроакустических средств, заметная временная изменчивость многослойной структуры донного грунта, на котором расположены трубопроводы, через влияние подводных течений, сейсмических нагрузок, и т.п., может привести к изменению напряженного состояния трубопроводов за счет образования свободных провисов трубопровода на неровностях дна, а также за счет повышенного уровня вибраций таких участков трубопровода и разрушения его грунтом.

Наиболее полно периодическую диагностику и мониторинг подводных трубопроводов в течение их жизненных циклов возможно реализовать с помощью специализированной системы гидроакустических средств, которая должна выполнять следующие задачи: картирование в разных масштабах текущего пространственного (трехмерного) положения трубопровода относительно почвы и зоны отчуждения вдоль трассы его прокладки, включая выявление неизвестных предметов, профилирование рельефа вдоль трассы прокладки, определения стратификации отложных слоев дна, выявления и определения участков трубопровода, из которых происходит утечка продукта, оценка размеров этих участков, выявления и определения участков трубопровода с повышенным уровнем вибраций, выдачу полученной информации в базу данных оценки технического состояния трубопровода [1].

Выполнение этих задач реализуется с помощью гидроакустических средств внешней диагностики в следующем составе:

- судовой гидроакустический комплекс, средства которого располагаются непосредственно на борту судна, или в носителе, буксируемого
- гидроакустический комплекс, средства которого располагаются на автономных необитаемых подводных аппаратах, используемых в зонах

диагностики, которые неподконтрольны судовому гидроакустическому комплексу.

В состав судового гидроакустического комплекса входят: гидролокатор бокового обзора - интерферометр, гидролокатор кругового (секторного) обзора (для текущего выявления трубопровода и ориентации движения судна вдоль трассы его прокладки, картирование зоны отчуждения и выявления посторонних объектов), профилограф и эхолот (для текущего профилирования рельефа дна вдоль трассы прокладки трубопровода и определения стратификации отложных слоев дна), измеритель скорости звука (для учета влияния вертикального распределения скорости звука по глубине на параметры, которые оцениваются), система позиционирования судна с помощью гидроакустических маяков-ответчиков (при проведении ремонтно-восстановительных работ).

Гидроакустическая аппаратура, буксируемого устройства содержит гидролокатор бокового обзора - интерферометр средне- и высокочастотный (для трехмерного картирования рельефа дна вдоль трассы прокладки трубопровода с разной разрешающей способностью и зоной считывания), многолучевой высокочастотный эхолот (трехмерного картирования положения трубопровода вдоль трассы его прокладки и зоны отчуждения с высокой разрешающей способностью), гидроакустический определитель утечки продукта (для оценки по шуму струи, следует, местоположения и размера источника утечки), гидроакустический определитель уровня вибраций (для регистрации участков трубопровода с повышенным уровнем вибраций), систему определения местоположения носителя буксируемого относительно судна (доплеровский лаг, глубиномер).

Гидроакустические средства автономного необитаемого подводного аппарата АНПА содержат: многолучевую гидроакустическую батиметрическую систему (для дистанционного зондирования и съемки морского дна и трубопровода, гидролокатор бокового обзора - интерферометр средне - и высокочастотный, параметрический профилограф,

систему гидроакустической навигации АНПА относительно судна, систему телеуправления, систему архивирования (консервации) гидроакустической информации [2].

Борьба с морскими минами расценивается сегодня как одна из приоритетных задач для многих стран, где минная угроза существует или как наследие войны и локальных конфликтов, или как средство терроризма.

Лучшие современные противоминные системы, предназначенные для обнаружения и уничтожения морских мин, используют новейшие достижения гидроакустики в сочетании с оптическими средствами, магнитометрами и информационными технологиями. Вид современной противоминной системы — это многоуровневый информационный комплекс, в котором верхний уровень принадлежит береговому информационному центру (БИЦ), а корабли-тральщики превратились в ее резидентов, выдвинутых в море для осуществления команд БИЦ.

Недавно тральщик рассматривался как самостоятельная система, способная полностью решить все задачи по выявлению и нейтрализации мин. Однако, сначала контактные и неконтактные тралы потеряли свою эффективность из-за повышенной тральных устойчивостью морских мин, а затем менее эффективными стали и гидроакустические станции минопоиска (ГАСМ), только устаревшие якорные мины заменили донные мины с протигидролокационным покрытием, замаскированные под случайные безопасные или заиленные объекты.

Эти причины вызвали переворот в области гидроакустических технологий в борьбе с морскими минами, что происходит в наши дни и пока еще не завершено.

Этот переворот характеризуется как переход от простого обнаружения мины локальной гидролокационной цели на окружающем фоне в подробный мониторинг подводной обстановки методом составления детальной гидролокационных карты интересующих участков морского дна с

подробным обследованием каждой подозрительной цели и фиксацией всех локальных изменений.

При этом, поскольку физические размеры современной морской мины имеют значение порядка 1 м, то и разрешающая способность, и точность привязки гидролокационных карты должны быть не хуже этого значения. Именно эти требования служили причиной повышения направленности и рабочей частоты подкильных гидролокаторов секторного и кругового обзора, а также включение гидролокаторов бокового обзора в состав гидроакустического вооружения тральщиков.

Таким образом, произошло объединение двух технологий: традиционной гидролокации и гидролокации бокового обзора, изначально применялась для обследования морского дна.

Использование «теневого» способа классификации донных мин и обнаружена возможность улучшение выделения мины на окружающем фоне при малых углах скольжения акустического луча (особенности ГБО) стимулировали появление трактов ГАСМ с антеннами переменной глубины, в которых наиболее полно воплощены идеи «теневого» классификации и выделения мин на окружающем фоне по признакам размера и формы цели на индикаторе гидролокатора.

Реализована идея составления гидролокационных карт путем сшивки данных бокового считывания оправдывается в случае, когда поверхность дна относительно ровная и однородная.

Акустическая неоднородность и особенно неравенство дна резко ухудшают качество гидролокационных изображения и выделения объекта. Изображение неровности дна на экране резко меняется в зависимости от ракурса и расстояния от дна. Без специальных процедур невозможно совместить гидролокационное изображения одной и той же области неравного дна на экранах различных гидролокаторов, или на экране того же гидролокатора, если изменилась геометрия обзора.

Отсюда следует, что для накопления гидролокационных изображений в банке данных, они приводятся к определенному стандарту. При дальнейшем использовании гидролокационных карт морского дна для мониторинга с целью выявления каких-либо изменений на поверхности дна, обследование миноподобных целей появившиеся и управление операциями, любая процедура монтажа гидролокационной карты с картиной, реально наблюдается на экранах ГАСМ, должна предусматривать преобразование этой картины в стандартную гидролокационную карту (или наоборот). Такая процедура в современных ГАСМ пока отсутствует.

Стандартная гидролокационная карта должна содержать два информационных слоя. Первый информационный слой - распределение локальных значений коэффициента обратного рассеяния $S(0)$, то есть для угла падения, нормального к поверхности. Локальные значения $S(0)$ привязываются к горизонтальным координатам. Второй информационный слой - подробные данные о рельефе дна, на основании которых может быть определен наклон любой локальной площадки на поверхности дна.

Таким образом, стандартная «гидролокационная карта» соответствует виду сверху на поверхность дна, на ней отражает все акустическая неоднородность, включая различные цели. Слабая частотная зависимость обратного рассеяния звуковых волн морским дном и целями во всем частотном диапазоне ГАСМ делает ее универсальным инструментом, что позволяет сопоставлять данные от различных ГАСМ, полученные на различных галсах, при различном углублении антенн.

В интересах классификации целей в банке данных должны быть сохранены выходные гидролокационные картины, полученные во всех предыдущих галсах. Это позволит использование теневой классификации целей, а фиксация тени при заходе на цель с разных углов позволяет восстановить форму объекта по форме тени. Важную информацию дает оценка эквивалентного радиуса цели R_e , поэтому «гидролокационных

картина» должна давать значение Re для любой локальной цели по команде оператора.

Из сказанного следует, что поиск современных донных мин, в т.ч. замаскированных и заиленных, означает резкое усложнение задачи минопоиска, для решения которой современные ГАСМ не имеют необходимых технических и программных возможностей.

Таким образом, в состав гидроакустического комплекса, который используется в минопоиска, должно быть, кроме тракта бокового обзора, включен тракт для подробного измерения рельефа дна, например, многоканальный или многолучевой эхолот с приповерхностных (до 10 м) стратификацией дна. При этом ГАСМ перестает быть просто средством обнаружения цели, а становится измерительным трактом, пригодным для составления «гидролокационных карт» и пользование ими. Тральщик и его гидроакустическое вооружение перестают быть самостоятельным средством, а становятся резидентом берегового информационного центра (БИЦ), где сосредотачивается вся обработка информации и происходит управление операцией по поиску и уничтожению мин. Вся система, включая БИЦ и тральщик, должна быть объединена средствами телеметрии и связи, позволяющие осуществлять обмен и обработку информации в реальном времени, а навигационное обеспечение должно обеспечивать привязку к координатам с точностью порядка 1 м.

Кроме того, для дообследования и уничтожения донных мин целесообразно использование подводных самоходных автономных подводных аппаратов-роботов с соответствующим гидроакустическим высокочастотным оборудованием.

С помощью технологий и гидроакустических станций обнаружения и классификации подводных диверсионных сил осуществляется:

- охрана одиноких кораблей на якорных стоянках,

- охрана бухт, портов, гидротехнических сооружений (плотин гидроэлектростанций, морских нефтяных платформ, трубопроводов и кабельных линий).

В настоящее время проблема международного морского терроризма приобретает особую актуальность.

Именно мореплавания является одной из сфер, где тесно переплетены интересы и деятельность многих государственных, общественных и частных структур.

Класс подводных диверсионных сил и средств (ПДСЗ) представляют три группы целей - сверхмалые подводные лодки (НМПЧ), имеющих эквивалентный радиус отражение гидроакустических сигналов $Re = 1 \div 2$ м, подводные диверсаны на средствах движения (ПДЗР) - $Re = 0,5 \div 0,8$ м, подводные диверсаны без средств движения (ПД) - $Re = 0,2 \div 0,5$ м.

Проблемы гидроакустического обнаружения и классификации ПДСЗ определяются как их собственными качествами (низкая отражательная способность, малая скорость перемещения ...), так и даже может быть в большей степени, внешними условиями.

Акции подводных террористов и диверсантов наиболее вероятные в прибрежных морских районах и на реках. Указанные акватории характеризуются сложными и быстро меняющихся гидролого-акустическими условиями: уровень естественных препятствий до $0,05$ Па·кГц / Гц, повышенный уровень донной и поверхностной реверберации, малые глубины места ($10 \div 20$ м), высокий уровень затухания акустической энергии, а также сильная рефракция звуковых лучей, особенно в весенне-летний период.

Гидролокаторы, предназначенные для обнаружения малоразмерной цели, слабо отражает и медленно движется, и выделение ее в фоне интенсивных реверберационных помех, отличает применения высокой рабочей частоты $80-150$ кГц и достаточно мала дальность действия, равную сотням метров. Наряду с требованием найти цель на границе охраняемой зоны, как правило, задача осуществлять наблюдение за ней и определять

текущие координаты и параметры движения цели (КПРЦ) на территории охраняемой зоны. Поэтому для рассматриваемых ГАС характерно применения круговой (или секторного) обзора с помощью сканирующей характеристики направленности (ХН), или, что более перспективно, - статическим веером ХН. если размер охраняемой зоны превышает радиус действия ГАС, приходится использовать две или более ГАС, сектора обзора которых образуют общую зону обнаружения. В последнем случае возникает проблема гидроакустической совместимости двух или большего числа ГАС, в которых ХН перекрываются в пространстве, в принципе решается.

Основной вклад в реверберационную препятствие вносят отпечатки (рассеивания) звуковых волн дном и поверхностью моря. Для донных отпечатков характерна твердый их связь с элементами донного рельефа (включая неровности и акустическую неоднородность) и повторяемость огибающей реверберационного процесса от импульса к импульсу. Недвижимость источников, порождающих обратное рассеяние от дна, создает принципиальную возможность выделения движущихся целей с помощью доплеровской фильтрации. Однако при характерной для пловца очень малой скорости перемещения цели этот метод не универсален. Он не работает, если отсутствует радиальная составляющая скорости цели, или препятствие определяет поверхностная реверберация, порожденная волнением моря. В последнем случае спектр сигналов поверхностной реверберации перекрывает доплеровский спектр эхо-сигналов от цели, и доплеровская фильтрация не может кардинально улучшить отношение сигнал/помеха, как альтернатива доплеровской фильтрации рассматривается трассовый анализ, с помощью которого на экране гидролокатора можно выделить трассу случайного перемещения локального отражателя - «точки» на фоне множества стационарных или подвижных отражателей с другими параметрами движения. Однако достаточно универсальный классический трассовый анализ, который рассматривает выделение трассы целей на фоне случайных помех с использованием пространственной

корреляции сигнала и отвержением некоррелированных в пространстве оценок на экране, в этом случае неэффективен. Сигналы (огибающих) донного рассеяния, будучи жестко привязаны к координатам пространства, с точки зрения пространственной корреляции принципиально отличаются от случайных помех, поэтому неизбежно «завязывания» множества ложных трасс. В этом случае может быть использована модификация трассового анализа, при которой для первоначального обнаружения целей используется накопления эхо-сигналов во всех направлениях кругового осмотра и по N циклах осмотра. Для этого каждой из ХН на экране индикатора выделяется отдельное поле индикации, где отображается текущая индикаторная картина в режиме водопада. Суммарная картина, «сшита» из отдельных зон, составляет единую индикаторную картину во всех направлениях кругового обзора.

Надводные корабли, подводные лодки и подводные аппараты выполняют функции маневренных сил освещения подводной обстановки, а также функции носителей гидроакустической аппаратуры для изучения гидрофизических полей Мирового океана.

Как плавсредства, все надводные корабли, суда различного назначения, подводные лодки и аппараты для обеспечения собственной безопасности мореплавания должны иметь, в первую очередь, гидроакустические средства навигационного обеспечения. Это современные навигационные эхолоты и гидроакустические лаги, функциональное назначение которых - измерение глубин с сигнализацией опасных глубин и измерение скорости движения.

Для выполнения возложенных на них задач корабли, суда, подводные аппараты и подводные лодки должны иметь специализированные гидроакустические средства, а именно: поисково-обследовательские гидролокаторы, станции гидроакустического связи, системы подводной навигации, гидроакустические станции освещения ближней подводной обстановки и выявления в зоне ответственности подводных лодок, подводных аппаратов, мин и подводных диверсионных сил.

Основными задачами, которые выполняются гидроакустическими системами кораблей и подводных лодок, есть задача освещения ближней подводной обстановки и выявления в зоне ответственности подводных лодок, подводных аппаратов, мин и подводных диверсионных сил [3].

За режимами работы корабельные гидроакустические системы делятся на системы:

- пассивной гидролокации, с помощью которых осуществляется выявление акустических сигналов, создаваемых любыми объектами в водной среде;

- активной гидролокации, с помощью которых осуществляется излучения зондирующих импульсов и выявления эхо-сигналов, отраженных от подводных объектов.

К классу пассивной гидролокации относятся три разновидности систем, а именно:

гидроакустические станции шумопеленгования целей, в том числе с гибкими протяженными антеннами, буксируемых гидроакустические станции пассивного определения координат и параметров движения целей, гидроакустические станции обнаружения сигналов, излучаемых гидролокаторами, (станции перехвата), к классу активной гидролокации - гидроакустические станции эхопеленгования, в том числе с гибкими протяженными антеннами, буксируемых. В гидроакустических комплексах используется несколько антенн: в носовой окружности большая приемная конформная антенна и цилиндрическая антенна частотного диапазона 220-7500 Гц, общая для высокоточного шумопеленгаторного тракта, тракта эхопеленгования, подсистемы обнаружения сигналов гидролокаторов и подсистемы связи, расположенные по каждому борту линейные антенные базы для пассивного определения координат и параметров движения целей.

Современный уровень развития корабельных гидроакустических систем характеризуется созданием вполне комплексованных систем с общими для всех подсистем процессорами первичной, вторичной обработки,

единственным пультом и системой управления, однако степень комплексирования гидроакустических средств надводных кораблей значительно ниже, чем в подводных лодках.

Современные гидроакустические комплексы подводных лодок используют междуантенную обработку, то есть совместное когерентную обработку сигналов, принятых антеннами, которые имеют частотные диапазоны перекрываются.

Поисково-обследовательские оборудования - гидролокаторы кругового (секторного) и бокового обзора, многолучевые эхолоты и профилографы навигационные датчики времени, определения координат, параметров движения также объединяются в комплексы на основе единой системы сбора, обработки, хранения и отображения информации. комплексирования осуществляется на основе создания единого пульта управления и отображения информации, использование единого накопителя информации, единых средств ввода навигационной информации и параметров движения и объединения этой информации с гидроакустической информации и информации GPS.

В современных гидроакустических станциях минопоска должны органично сочетаться два функциональных тракты: тракт выявления миноподобных объектов и тракт их классификации.

Способ обзора пространства должен предусматривать, как правило, облучение заданного сектора одной быстро сканирующей узконаправленной характеристикой направленности и прием эхо-сигналов с помощью многоканальной основанной антенной решетки, которая формирует статическое веер характеристики направленности. С целью повышения эффективности процесса поисков миноподобных объектов и их классификации должно предусматриваться несколько гидроакустических антенн, отличающихся частотными и направленными свойствами, при этом частота тракта классификации должна быть в диапазоне 300 - 600 кГц. В устройствах отображения информации необходимо использовать дисплейные

индикаторы, отдельные для трактов выявления и классификации, которые должны иметь режим "лупы" для наблюдения за формой и размерами обнаруженного объекта и его акустической тени на дне.

Система освещения подводной обстановки государства должна обеспечить осуществление постоянного оперативного мониторинга собственных морских рубежей, то есть выявление, распознавания, сопровождение и классификацию подводных объектов: подводных лодок, аппаратов, мин, диверсионных сил и средств, в состав которой могут входить не акустические, сейсмоакустического и гидроакустические (стационарные, рубежные, автономные) средства.

Стационарные гидроакустические комплексы должны обеспечивать выявление, распознавания, сопровождение и классификацию с заданной вероятностью и точностью подводных лодок среднего водоизмещения на дальности не менее 150 км.

Автономные гидроакустические комплексы предназначены для обнаружения, распознавания, сопровождение и классификации с заданной вероятностью и точностью подводных лодок и подводных аппаратов в глубоководных районах моря, не освещаются стационарными и Рубежное гидроакустическими средствами, в других районах и могут устанавливаться на надводных кораблях, подводных лодках и подводных аппаратах, в том числе автономных необитаемых. При этом при обнаружении подводных объектов информация передается на береговые посты наблюдения по радио или гидроакустической канала связи [4].

Таким образом, большинство гидроакустических средств являются составными частями нескольких технологий. Поэтому при одновременном исследовании менее изученных проблемных вопросов одних технологий, решении прикладных научно-технических вопросов других технологий и создании гидроакустических средств, требующих лишь выполнения опытно-конструкторских работ, при достаточном финансировании РФ может

обеспечить собственные потребности собственными гидроакустическими средствами.

Гидроакустические лаги [1-31 - ЦС судебные навигационные приборы, предназначенные для определения полной абсолютной скорости судна. Термин "абсолютная скорость" применяется для обозначения скорости объекта относительно дна., тогда как термин "относительная скорость" численно характеризует скорость носителя относительно определенных слоев воды. Измерение лагом полной скорости предусматривает определенную этапность, а именно: измерение сначала продольной и поперечной составляющих вектора полной скорости, а затем определения полной (резльтирующей) скорости.

В зависимости от функционального назначения гидроакустические лаги делятся на навигационные швартовные и комбинированные или универсальные. Навигационные лаги обеспечивают непрерывное измерение скорости судна и вычисления на ее основе пройденного пути. Швартовные лаги выполняют функцию измерения небольших по абсолютному значению продольной и поперечной составляющих скорости судна в районах с небольшими глубинами. Кроме этого, швартовные лаги, которые устанавливаются на глубоководных жилых или нежилых аппаратах используются также для измерения вертикальной составляющей скорости при приближении этих аппаратов до дна. Следует отметить, что выполнение судном или глубоководным аппаратом швартовных операций создает условия функционирования лага слишком специфическими, что не может не повлиять на его алгоритм работы, построение и технические характеристики. Универсальные лаги -обеспечивают решения любой из перечисленных задач.

По способу использования сигнала гидроакустические лаги делятся на доплеровские и корреляционные. В доплеровских лагах информационным параметром является частота заполнения принятого антенной системой сигнала, а в корреляционных - степень (коэффициент) корреляции между

излучённым и отраженным дном сигналами, причем коэффициент корреляции является функцией скорости носителя.

Корреляционные лаги до сегодняшнего дня не получили широкого применения, хотя научно-исследовательские работы в этом направлении в ряде стран ведутся (Швеция, США, Российская Федерация). Очевидно, будущее покажет, какой из этих двух заборов лагов (доплеровских или корреляционных) утвердится на рынке навигационных приборов как измеритель с потенциально привлекательными тактико-техническими характеристиками. Но, учитывая наработки с доплеровскими лагами, их широкое распространение в наше время, неоспоримо большую универсальность этих приборов, можно прогнозировать, что именно доплеровские лаги будут и в дальнейшем основным средством измерения абсолютной скорости судов.

3.1.2 Гидролокаторы с подкильными антеннами

В данном разделе рассмотрим ГАС используемые также и в ВМФ мира, которые также задействуются для осуществления охранно-экологической деятельности границах акваторий государств.

ГАС с подкильными антеннами (ПА) решают задачи обнаружения, классификации и сопровождения целей, выдачи данных целеуказания в системах управления оружием ПЛО. Некоторые гидролокаторы решают также задачи предупреждения о торпедной угрозе (режим шумопеленгования), гидроакустической связи с ПЛ, обнаружения (перехват) сигналов, работающих ГАС. Важными достоинствами гидроакустических средств с ПА по сравнению со станциями с антеннами переменной глубины (АПГ) являются большая дальность действия в неограничивающих гидроакустических условиях (положительная рефракция, выше слоя скачка скорости звука и т.д.), относительно высокая точность пеленгования (ввиду жесткого крепления внутри обтекателя), отсутствие необходимости

установки устройств постановки-выборки и ограничений по маневрированию НК.

Корабельные гидролокаторы, как правило, имеют ПА цилиндрической формы (рисунок 13). Однако, имеются плоские и сферические антенны (рисунок 14) [21-44].

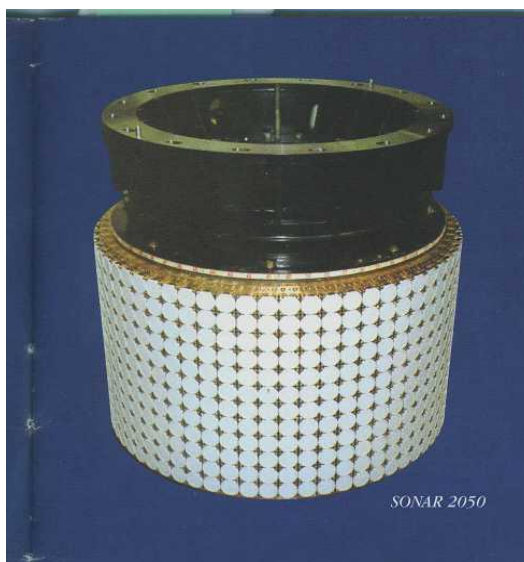


Рисунок 13 - Цилиндрическая антенна ГАС 2050 ВМС Великобритании



Рисунок 14 - Сферическая антенна ГАС “Spheron” ВМС Франции и ряда других стран.

Наиболее массовой за рубежом является ГАС AN/SQS-56 и ее экспортные модификации. Все процедуры обработки сигналов за исключением формирования сигналов излучения и предварительной обработки эхосигналов выполняются цифровыми средствами. В режиме приема формируется (по способу DIMUS) статический веер ХН, обеспечивающий круговой обзор при шумо- и эхопеленговании. В станции

используются современные средства отображения информации дисплейного типа, спроектированные с учетом принципов инженерной психологии. ГАС имеет пассивный и активный тракты поиска, классификации и сопровождения целей с обеспечением целеуказания в ближней зоне акустической освещенности.

Технические характеристики станции: частоты излучения -6,0; 7,5; 8,4 кГц; длительность зондирующих сигналов – 5, 40, 160 мс (тональный импульс), 160 мс (частотно-модулированный импульс с шириной полосы излучения -400 Гц); мощность излучаемых импульсов- 36 кВт; диаметр ПА- 1,22 м; высота ПА-0,97 м;

объем аппаратуры - 4 стандартные приборные шкафы (без учета пульта).

Способы обзора пространства в режиме эхопеленгования:

Излучение: при поиске - ненаправленное, одна узкая или широкая вращающаяся характеристика направленности (Х.Н.), 3 вращающиеся Х.Н.; при поиске – сопровождении: совмещенные ненаправленное и направленное излучение;

Прием: при поиске - статический веер Х.Н.; при сопровождении цели - 2 подвижные суммарно-разностные Х.Н. (суммарная Х.Н. - для прослушивания).

Синхронизация системы и управление ею осуществляется с помощью универсальной мини-ЭВМ AN/UYK-16 [21-44].

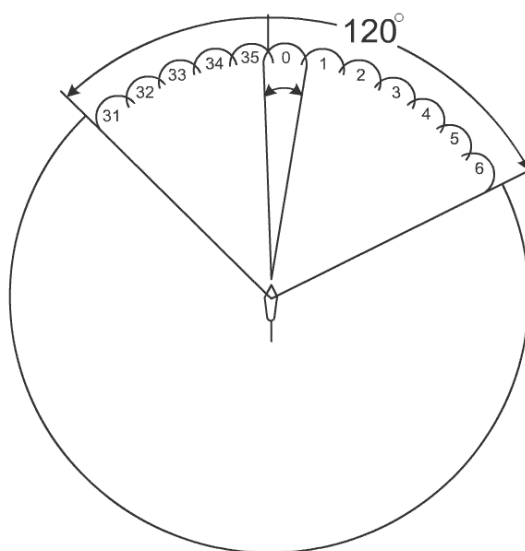


Рисунок 15 - Направленное излучение 1-ой вращающейся Х.Н. (ширина -10 град.)

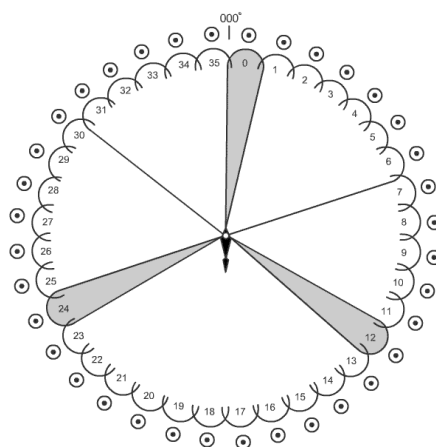


Рисунок 16 - Направленное излучение 3-мя вращающимися Х.Н. (ширина -10 град.)

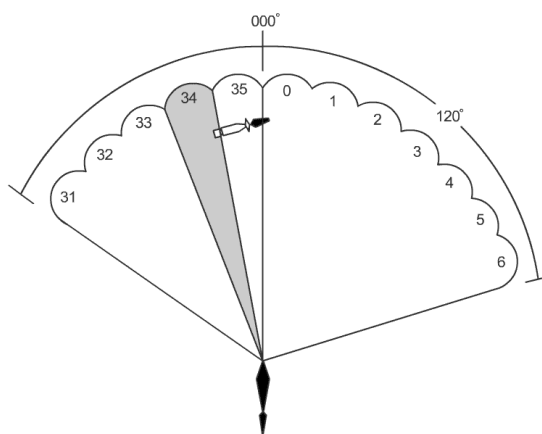


Рисунок 17 - Поиск целей (излучение) в ГАС AN/SQS-56

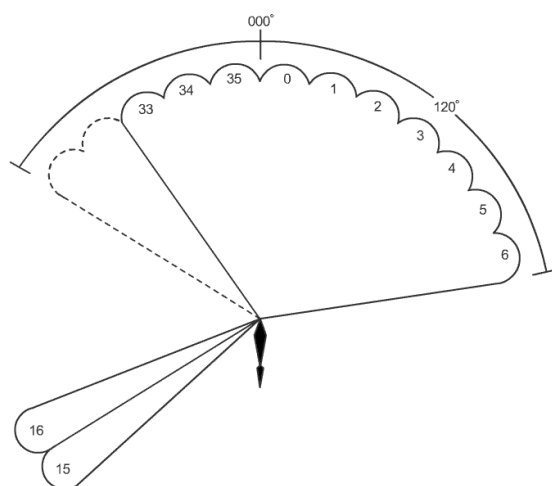


Рисунок 18 - Активное сопровождение цели (излучение) в ГАС AN/SQS-56:

Слева - первый импульс излучается в луче сопровождения, последующие - слева и справа от него;

Справа- сопровождение двумя Х.Н. в стороне от сектора поиска.

Структура ГАС представлена на рисунке 19. Один штатный оператор осуществляет поиск, классификацию и нумерацию целей, обнаруженных в активном режиме, и одновременно – обнаружение торпед на индикаторе тракта шумопеленгования. ЭВМ используется также для автоматизированного поиска неисправностей и в качестве встроенного тренажера. В дополнение к базовой комплектации может поставляться ряд блоков, в том числе блок построения лучевой картины распространения звука в океане (с выводом результатов на основной индикатор ГАС) [21-44].



Рисунок 19 - Структура ГАС AN/SQS-56.

Станция была принята на вооружение в 1980г. после 5-летнего периода эксплуатационных испытаний и оценок. ГАС AN/SQS-56 имеет несколько экспортных модификаций, установленных на НК ВМС США, Италии, Испании, Турции и других стран. ГАС ДЕ-1160LF, ДЕ-1160В, ДЕ-1160I и ДЕ-1164 представляют собой экспортные модификации ГАС AN/SQS-56. Основные функции указанных ГАС в целом такие же, как у ГАС AN/SQS-56 за исключением частоты излучения, которая в станциях ДЕ-1160 снижена в два раза с увеличением диаметра ПА. Указанные технические решения обеспечили возможность обнаружения ПЛ в I морской ДЗАО, что было недоступно базовому гидролокатору. ГАС ДЕ-1164 имеет аналогичную AN/SQS-56 ПА, но дополнена трактом с АПГ. ГАС ДЕ-1167 (AN/SQS-58) представляет собой малогабаритный активно-пассивный гидролокатор, разработанный фирмой Raytheon для эскортных кораблей прибрежного плавания, патрульных кораблей, а также больших боевых кораблей, для которых задача ПЛО не является основной. Станция разработана в вариантах с подкильной и буксируемой антеннами. По сравнению с ГАС AN/SQS-56 она имеет более высокую частоту излучения и меньшие габариты. Базовость разработки модификаций обеспечена за счет применения принципа

сохранения волновых размеров ПА, что обеспечивает унификацию аппаратуры обработки и отображения информации [21-44].



Рисунок 20 - Пультовой прибор ГАС (режиме эхо- и шумопеленгования) AN/SQS-56



Рисунок 21 - Типовая система отображения информации ГАС с ПА ВМС Великобритании

ГАС DE 1160I разрабатывается как информационная подсистема корабельной АСБУ. В АСБУ предполагается включить подсистемы: боевую, информационную, навигационную, подводного наблюдения, связи. Подсистема подводного наблюдения включает многофункциональный пульт управления, ГАС с ПА, активно - пассивную ГАС с ГПБА, подводный телефон (рисунок 22). Судя по наличию одного пультного прибора, в данной системе реализуется комплексирование информации от подсистем с ПА и ГПБА, возможно – совместная обработка информации.

Основные характеристики ГАС с ПА (Model 997): эталоны гидролокационных частот для тональных сигналов: 6,1; 6,85; 7,9 кГц; для ЧМ-сигналов 6,42; 7,16; 7,58 кГц с девиаций ± 100 Гц; частотный диапазон режима ШП 2,8 – 5 кГц; длительность тональных сигналов -15,6; 62,5; 250 мс; длительность ЧМ- сигналов 62,5 и 250 мс; ширина Х.Н. на частоте 7 кГц (на уровне -3дБ) $10 \times 10^\circ$. Антенна цилиндрическая, состоит из 36 столбов по 10 преобразователей в каждом (размеры аналогичны размерам ПА AN/SQS-56) [21-44].

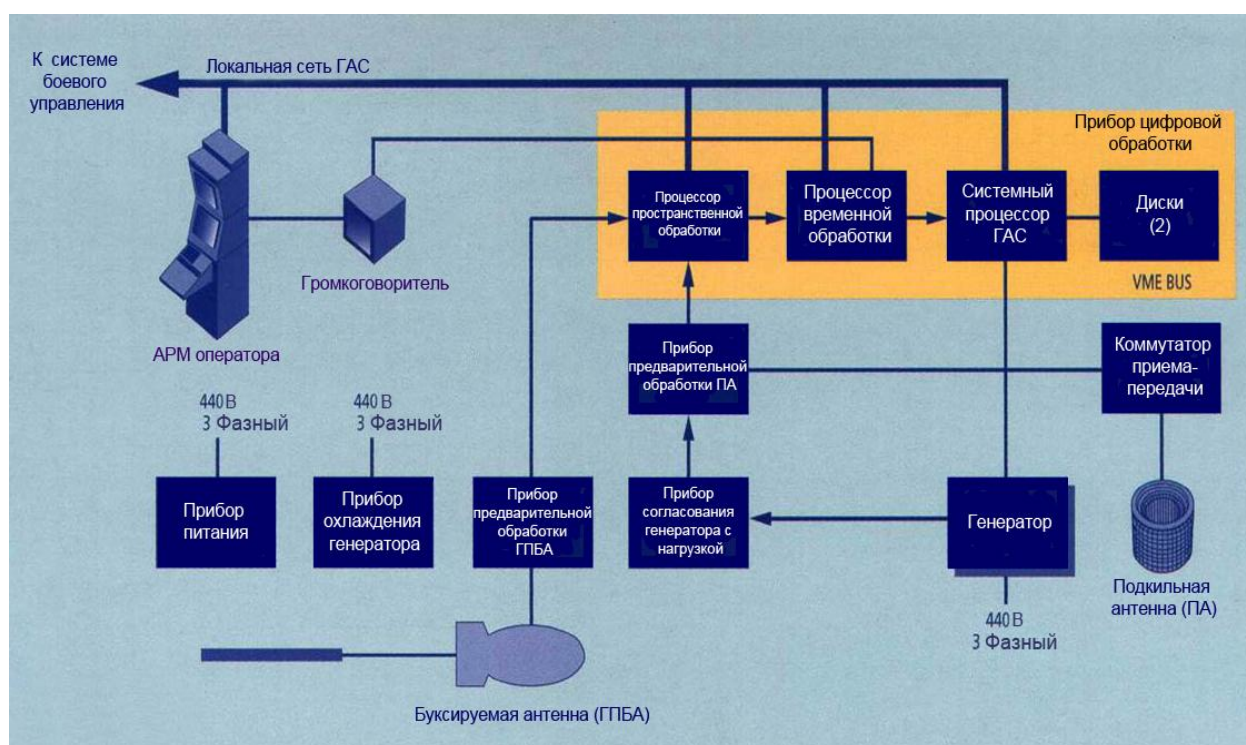


Рисунок 22 - Структурная схема ГАС DE 1160I

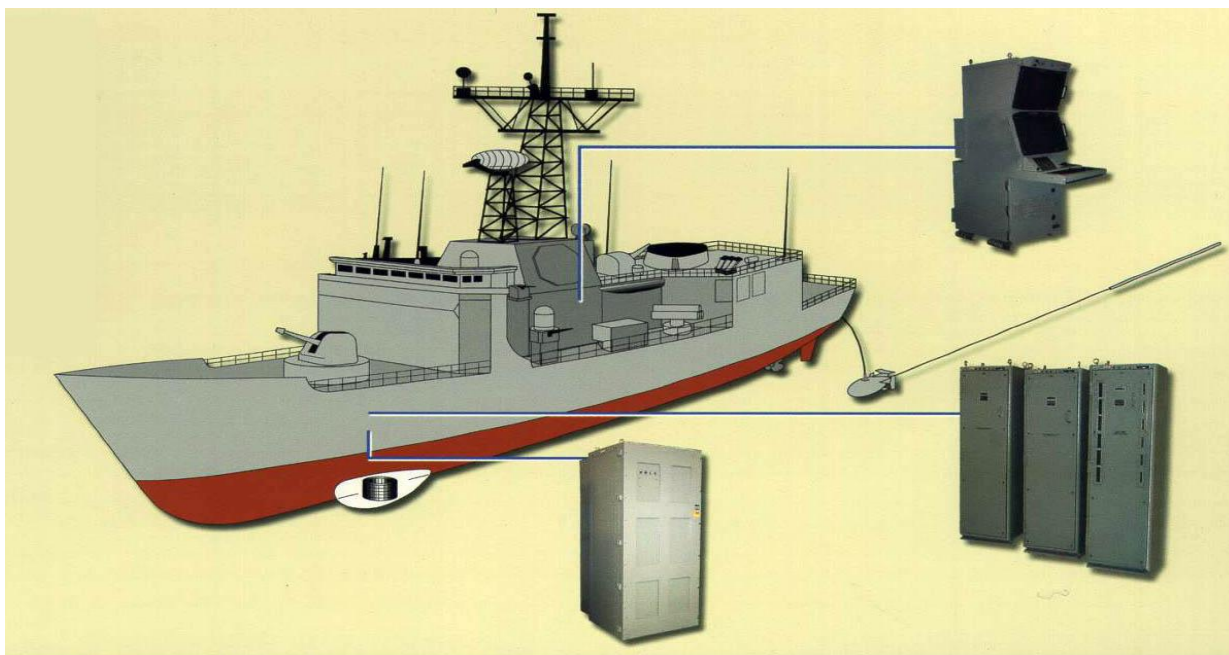


Рисунок 23 – Схема установки ГАС на корабле

ГАС AN/SQS-53C ВМС США является наиболее высокопотенциальной станций с ПА в мире, на экспорт не поставляется. Устанавливается на эсминцы и крейсера УРО. ГАС AN/SQS-53 создана в результате последовательных модернизаций ГАС AN/SQS-26 и AN/SQS-53A,B. В станции реализована цифровая обработка информации, многоцветное отображение, расширен диапазон частот и увеличена мощность излучения [21-44].

После установки дополнительного процессора ГАС стала способна сопровождать в активном режиме одновременно до 100 целей и работать во второй дальней зоне акустической освещенности. Улучшены ее возможности по обнаружению ПЛ на мелководье за счет использования алгоритмов обработки сигналов и отстройки от реверберационных помех. Реализована возможность одновременной работы в активном и пассивном режимах. Наряду с обнаружением, сопровождением и классификацией нескольких подводных целей, обеспечивается решение задач звукоподводной связи, перехвата, гидроакустического противодействия, а также запись акустических данных в интересах океанографических исследований. Повышение скрытности работы станции обеспечивается за счет расширения частотного диапазона и распределения в нем излучаемой мощности. Есть

сведения о модернизации антенны. В ГАС реализована открытая системная архитектура (ГАС - элемент открытой архитектуры AN/SQQ-89 (V)15). Первичная обработка информации осуществляется 3-мя процессорами AN/UYS-1, вторичная обработка - вычислительным комплексом на основе семи компьютеров AN/UYK-44(V), объединенных в общую конфигурацию. Объем аппаратной части - 22 стандартных шкафа. Диаметр ПА - 4,8 м; высота - 1,8 м; количество обратимых гидроакустических преобразователей - 576. Обзор пространства круговой ($\pm 135^\circ$), секторный (60° и 120°), комбинированный. В 3-х зондирующей посылке первые 2 импульса для освещения дальней зоны в секторе 60° , третий - для освещения ближней зоны. В 5-и импульсной посылке первые 4 импульса для освещения дальней зоны в секторе 120° , пятый (короткий) - для освещения ближней зоны $\pm 135^\circ$ [21-44].

Излучаемая акустическая мощность – до 130 кВт. Акустическое давление на оси ХН при ненаправленном излучении 400 кПА, при секторном обзоре – 1200 – 1500 кПА. Коэффициент концентрации в приеме ~ 470 . Рабочий диапазон частот в эхопеленговании 3 - 3,9 кГц, в шумопеленговании 1,5 – 4 кГц. Предусмотрено использование как тональных, так и сложных сигналов. В отличие от ГАС AN/SQS-56 и ее экспортных модификаций реализована комбинированная зондирующая посылка, состоящая из набора тональных и линейно-частотно-модулированных сигналов (с прямым и обратным законом модуляции). Это позволяет сократить время классификации целей, что особенно важно в условиях ДЗАО.

В настоящее время станция входит в состав ИГАС AN/SQQ-89.

На кораблях ВМС Германии взамен ряда ГАС с ПА DSQS-21 устанавливаются ГАС базового ряда ASO-90. Модификации этого ряда гидролокаторов: ASO 93/94-C, ASO 93-2U, ASO 94-2U, ASO 94-5U, ASO 95-2U, ASO 96 различаются диаметром антенн, но имеют одинаковую высоту ПА-0,65 м. Диаметр антенны ГАС ASO 94-2U (приборный состав показан на рисунке 30), предназначенной для установки на фрегатах и корветах, имеет

диаметр 1,0 м. Диапазон рабочих частот эхопеленгования (6 - 9 кГц), по мнению разработчиков, улучшает возможности наблюдения в мелководных Балтийском и Северном морях. В модификациях ГАС унифицированы программно-аппаратная платформа, алгоритмы борьбы с реверберационной помехой и вторичной обработки информации, графические кадры отображения. Традиционным для немецких ГАС НК является высокое качество электронной стабилизации на качке корабля. В станции предусмотрена возможность обнаружения торпед, мин и навигационных препятствий, перехвата сигналов систем самонаведения торпед, связи с погруженными объектами. Используются ненаправленное, направленное (3-мя Х.Н.) и секторное излучение; тональные и ЧМ-сигналы [21-44].

ГАС МГК-335ЭМ-03 отечественной разработки (структурная схема показана на рисунок 24) по своим техническим характеристикам, в целом, соответствует лучшим зарубежным ГАС с ПА. Отличительные особенности: отсутствие направленного излучения при поиске цели (только 1 Х.Н. - для классификации), большие длительности зондирующей посылки, внедрение ГЧМ - сигналов, механическая стабилизация ПА с помощью гидропривода. Диаметр и высота ПА – 1,0 м. Диапазон рабочих частот эхопеленгования 7 - 10 кГц; шумопеленгования 1,5 - 7,0 кГц [21-44].

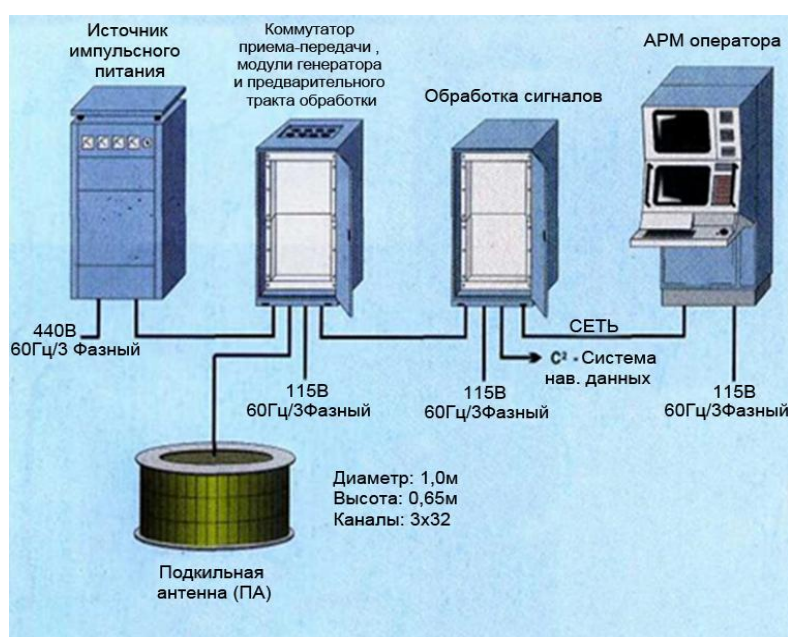


Рисунок 24 - Приборный состав ГАС ASO 94-2U (ВМС Германии)

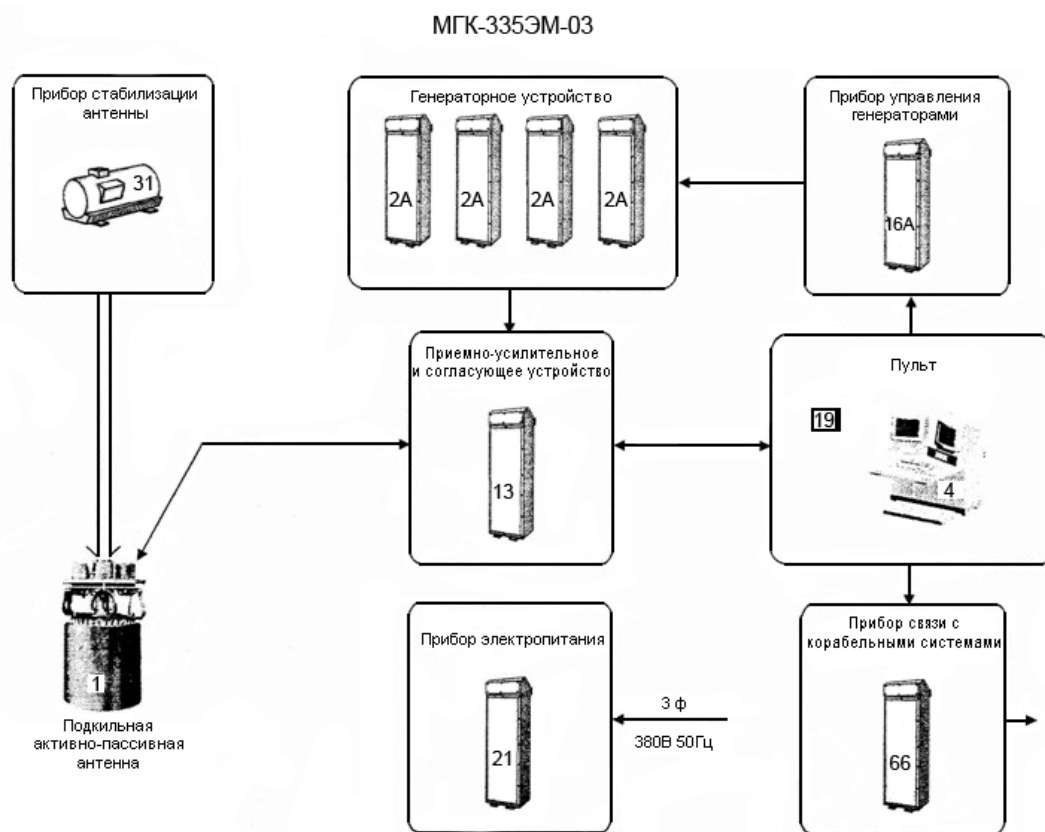


Рисунок 25 - Приборный состав ГАК МГК0335 ЭМ-03.

3.1.3 Гидролокаторы с буксируемыми сосредоточенными антеннами

Данный вид ГАС также преимущественно используется для кораблей ВМФ, однако возможно его использования и для судов экологического мониторинга.

Наряду с созданием подкильных гидроакустических станций в США, Франции, Англии, Германии, Италии, Норвегии и Японии надводные корабли оснащают станциями с буксируемыми антеннами. Наибольшее распространение среди таких гидроакустических станций получили станции с буксируемыми антеннами типа AN/SQS-35. Они смонтированы на эсминцах УРО типа «Халл», фрегатах типа «Нокс» и «Гловер».

Появление гидролокаторов с буксируемыми антеннами (БА) «сосредоточенного» типа было обусловлено необходимостью обнаружения ПЛ в неблагоприятных гидроакустических условиях и, в частности под слоем

скачка скорости звука. Основными недостатками таких ГАС являются: необходимость установки на НК подъемно - опускного устройства, ограничения по маневрированию корабля и более низкая точность определения координат обнаруженных целей по сравнению с подкильными гидролокаторами.

Существующие БА имеют цилиндрическую форму и размеры, меньшие или аналогичные размерам ПА. Одной из первых таких станций является американская ГАС AN/SQS-35 (после модернизации - AN/SQS-35V). Размеры и рабочие частоты цилиндрической БА ГАС ДЕ-1164 (рисунок 26) соответствуют размерам ПА данной станции. БА ГАС БА ASO 94-2U (рис.) имеет размеры: диаметр - 1 м или 0,6 м; высоту - 0,6 м [21-44].

На французских кораблях, наряду с гидроакустической станцией DUBV-23D, имеющей ПА, установлена гидроакустическая станция DUBV-43B с буксируемой цилиндрической антенной (ширина Х.Н.- 15 град.), которая смонтирована в специальном корпусе (буксируемом носителе) длиной 5,5 м и шириной 1,7 м. Масса буксируемого носителя вместе с БА - 7,75 т.



Рисунок 26 - БА ГАС ASO 94-2U ВМС Германии.

Размеры БА: диаметр - 1,7 м; высота - 1,2 м. В составе антенны 24 вертикальных линейки (столбов), включающих каждая по 8 обратимых

гидроакустических преобразователей. Длина кабель - троса - 250 м. Возможна буксировка на глубине до 200 м (в модернизированном варианте DUBV-43С - до 600м) на скоростях хода от 4 до 24 узл. Спуск и подъем буксируемой антенны осуществляется с помощью подъемно-опускного устройства, размещенного на верхней палубе в кормовой части корабля. В ней используются импульсы с тональным и частотно-модулированным заполнением, что позволяет повысить разрешающую способность и помехоустойчивость. Эхо-сигналы обрабатываются с использованием специального процессора и отображаются на основном и выносных индикаторах кругового обзора. Рабочая частота $4,5 \div 5$ кГц. Данная ГАС интегрируется с ГАС DUBV-23D. При этом обеспечивается одновременное сопровождение 3-х целей с выдачей целеуказания противолодочному оружию.

Режимы совместного боевого использования этих станций и способы обзора пространства:

- совместное применение ГАС в режимах кругового или секторного обзора при синхронизированной работе каждой из станций на одинаковой или разных частотах;

- использование одной ГАС для слежения и выдачи ЦУ оружию (в основном, DUBV-23D); а другой – для общего наблюдения за окружающей обстановкой (как правило, DUBV-43В).

В связи с тем, что имеются объективные технические проблемы для существенного снижения рабочих частот эхопеленгования (волновые размеры антенн близки к предельно достижимым), дальнейшего уменьшения уровней помех (из-за влияния на работу антенны шумов обтекания воды при ее буксировке), повышения надежности эксплуатации сосредоточенных БА на смену им приходят корабельные ГАС с ГПБА [21-44].

3.1.4 Гидролокаторы с гибкими протяженными буксируемыми антеннами

Данный вид ГАС используется наиболее перспективен для использования на судах, выполняющих эколого-надзорные миссии.

Станции с гибкими протяженными антеннами могут буксироваться на значительном удалении от НК-носителя, что позволяет уменьшить уровни помех. ГАС с ГПБА так же, как и станции с сосредоточенными БА, позволяют вести наблюдение в неблагоприятных гидроакустических условиях. К числу других достоинств относятся относительно большие дальности шумопеленгования, более высокая надежность буксировки («распределенная» масса буксирно-кабельной системы и меньшая масса заглубителя), менее жесткие требования к механическим и массогабаритным характеристикам лебедок. Основные недостатки обусловлены тем, что ГПБА является линейной антенной. К их числу относятся: ухудшение точностных характеристик по мере приближения к носовым и кормовым курсовым углам наблюдения; неоднозначность пеленгования, которая устраняется применением специальных технических (конструктивные изменения антенны) или организационных мер (тактическое маневрирование НК). В состав ГАС, в отличие от станций с БА, включаются устройства постановки-выборки. Первоначально, за рубежом создавались шумопеленгаторные ГАС с ГПБА. Наиболее совершенную модель шумопеленгаторных ГАС с ГПБА для боевых НК ВМС США представляет ГАС AN/SQR-19 [21-44].

Она предназначена для замены ГАС AN/SQR-18A и имеет по сравнению с ней существенно улучшенные характеристики. Станция решает задачи обнаружения и сопровождения ПЛ. Диапазон рабочих частот: 0,1-1,2 кГц. Основной упор при разработке алгоритмов обработки был сделан на обнаружение параметров дискретных составляющих шумоизлучения целей. ГПБА может буксироваться на глубинах до 360 м.

Аналогичные системы разработаны для НК европейских стран НАТО. Так например, ГАС Type 2031Z sonar (ВМС Великобритании), которая имеет длину ГПБА-500 м, кабель-буксира - 6 км. Объем аппаратной части бортовой аппаратуры - 4 приборных шкафа, включая 2 двухэкранных пульта. ГАС DSBV –62С, наряду с обнаружением ПЛ, обеспечивает шумопеленгование торпед. Длина ГПБА- 300 м, диаметр - 80 мм, длина кабель-буксира - 3 км. Глубина буксировки 40-200 м на скоростях до 27 узл. Объем аппаратуры - 1 приборный шкаф.

Однако, успехи в обесшумливании ПЛ обусловили внедрение в ГАС с ГПБА режима эхопеленгования.

В европейских странах НАТО (прежде всего, ВМС Франции и Великобритании) успешно реализуется концепция LFVDS, которая предполагает внедрение на НК низкочастотных активно-пассивных буксируемых ГАС, работающих в моностатическом режиме гидролокации. В дальнейшем, усилилась тенденция снижения рабочей частоты и появились ГАС с гибкими протяженными буксируемыми антеннами (ГПБА) семейства ATAS «облегченной» конструкции. Необходимость оптимизации системы ГАС-НК в сочетании с задачей дальнейшего понижения частот, реализации при этом направленного в излучения и устранения неоднозначности пеленгования при приеме обусловила новые достижения в данной области.

Новым шагом в реализации концепции LFVDS явилось создание фирмой Thales активно-пассивных низкочастотных ГАС с ГПБА семейства CAPTAS [21-44].

Достоинствами модификаций ГАС данного семейства являются:

Снижение рабочей частоты гидролокации до около 1 кГц, что обеспечивает повышение эффективности в условиях мелкого моря;

Реализация направленного в вертикальной плоскости буксируемого излучателя;

Устранение неоднозначности пеленгования на основе внедрения «триплетных» приемных ГПБА;

Существенное, по сравнению с БА, сокращение массогабаритных характеристик аппаратуры и корабельных спускоподъемных и других обеспечивающих конструкций.

Диапазон частот гидролокации (обнаружение ПЛ) - $0,95 \div 2,1$ кГц, диапазон частот шумопеленгования (обнаружение торпед) - $0,1 \div 2,0$ кГц. Излучатель может включать 2 или 4 вертикально расположенных гидроакустических модуля (масса буксируемого заглубителя - 1,25 т). Излучающие гидроакустические модули обеспечивают высокий уровень мощности и полосу частот около 1 октавы. Длина ГПБА может составлять 12 или 46 м (32 или 128 гидрофонов «триплетного» типа). Длина тяжелого грузонесущего кабеля-900 м, а легкого кабеля - 300 м. Предельная скорость буксировки - 35 узл., однако, рабочая скорость, по-видимому, не превышает 15 узл. Кроме того, модификация с максимальной комплектацией (с 4 излучающими модулями) входит в состав ГАК 2087 ВМС Великобритании. В рамках концепции LFVDS фирмой Thales разработана модификация ГАС с ГПБА CAPTAS Nano, предназначенной для установки на НК малого водоизмещения. Отличительной особенностью является использование горизонтального линейного буксируемого излучателя, что существенно сокращает массогабаритные характеристики, но снижает эффективность обнаружения целей в мелком море (отсутствие направленности в вертикальной плоскости) [21-44].

Диапазон частот гидролокации (обнаружение ПЛ) - $0,95 \div 2,1$ кГц, диапазон частот шумопеленгования (обнаружение торпед) - $0,1 \div 2,0$ кГц. Излучатель может включать 2 или 4 вертикально расположенных гидроакустических модуля (масса буксируемого заглубителя - 1,25 т). Излучающие гидроакустические модули обеспечивают высокий уровень мощности и полосу частот около 1 октавы. Длина ГПБА может составлять 12 или 46 м (32 или 128 гидрофонов «триплетного» типа). Длина тяжелого грузонесущего кабеля-900 м, а легкого кабеля-300 м [21-44].

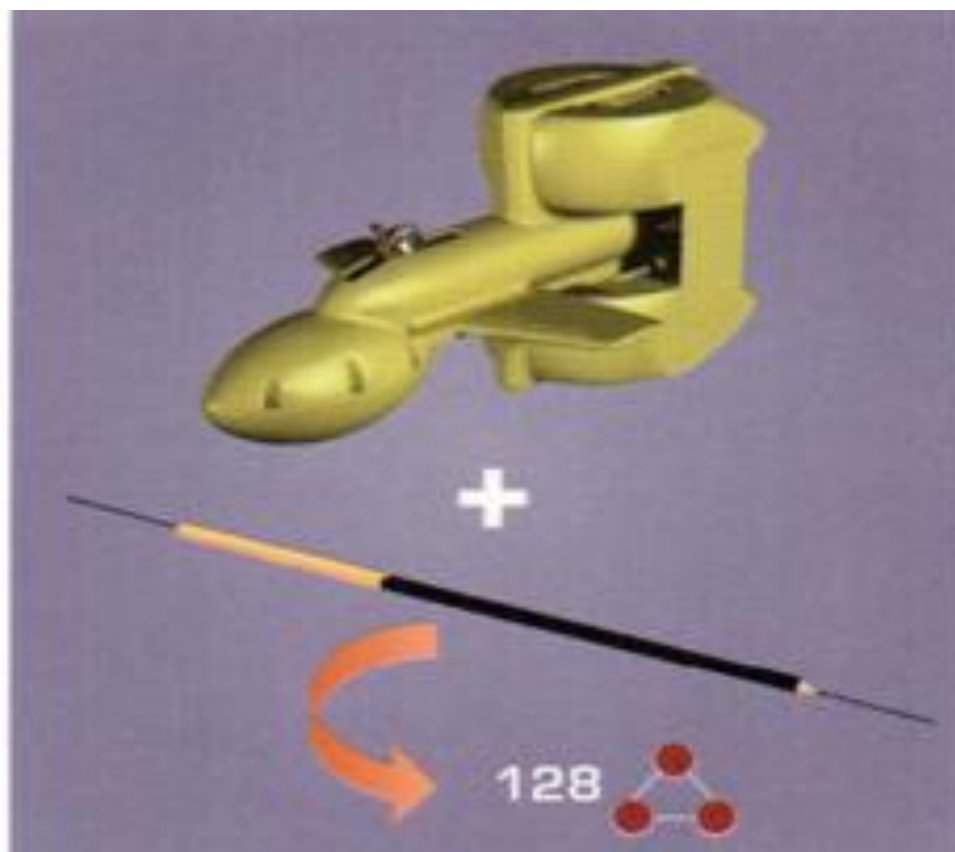


Рисунок 27 - Заглубитель-излучатель и отрезок ГПБА с «триплетными» приемниками ГАС САРТАС (ВМС Франции)



Рисунок 28 - Пространственная диаграмма направленности ГПБА шумопеленгаторной ГАС TAS (ВМС Германии)

Предельная скорость буксировки-35 узл., однако, рабочая скорость, по-видимому, не превышает 15 узл. На рисунках 29-31 показаны конструкции гидроакустических элементов – гидроакустических излучателей типа Diabolo, которые используются также в составе радиогидроакустических буев ВМС Франции; гидрофоны и отрезок ГПБА «триплетного» типа [21-44].



Рисунок 29 - Гидроакустический преобразователь типа Diabolo



Рисунок 30 - Гидрофон «триплетного» типа



Рисунок 31 - Отрезок «триплетной» антенны

На рисунках 32, 33 показаны схемы буксировки ГАС с ГПБА CAPTAS-20(с 2 излучающими модулями) и CAPTAS Nano.

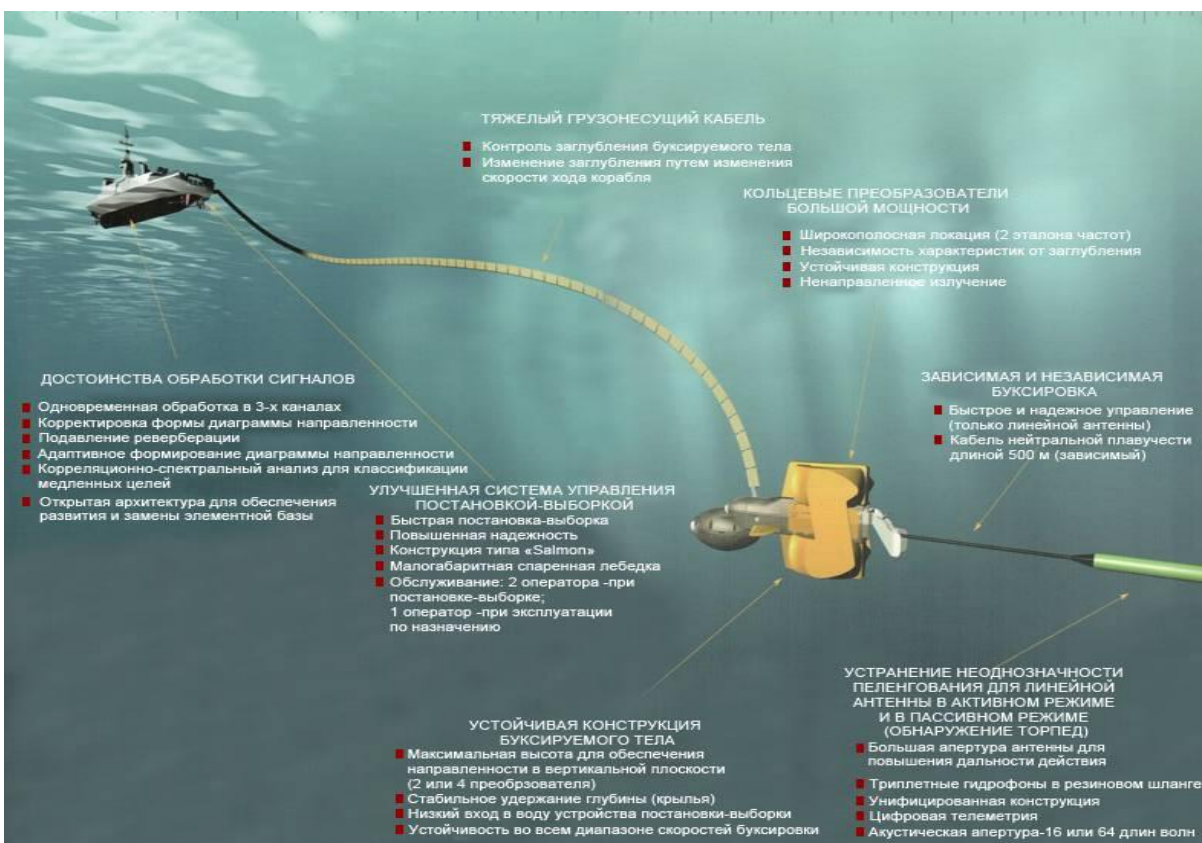


Рисунок 32 - Схема буксировки модификаций ГАС CAPTAS-20

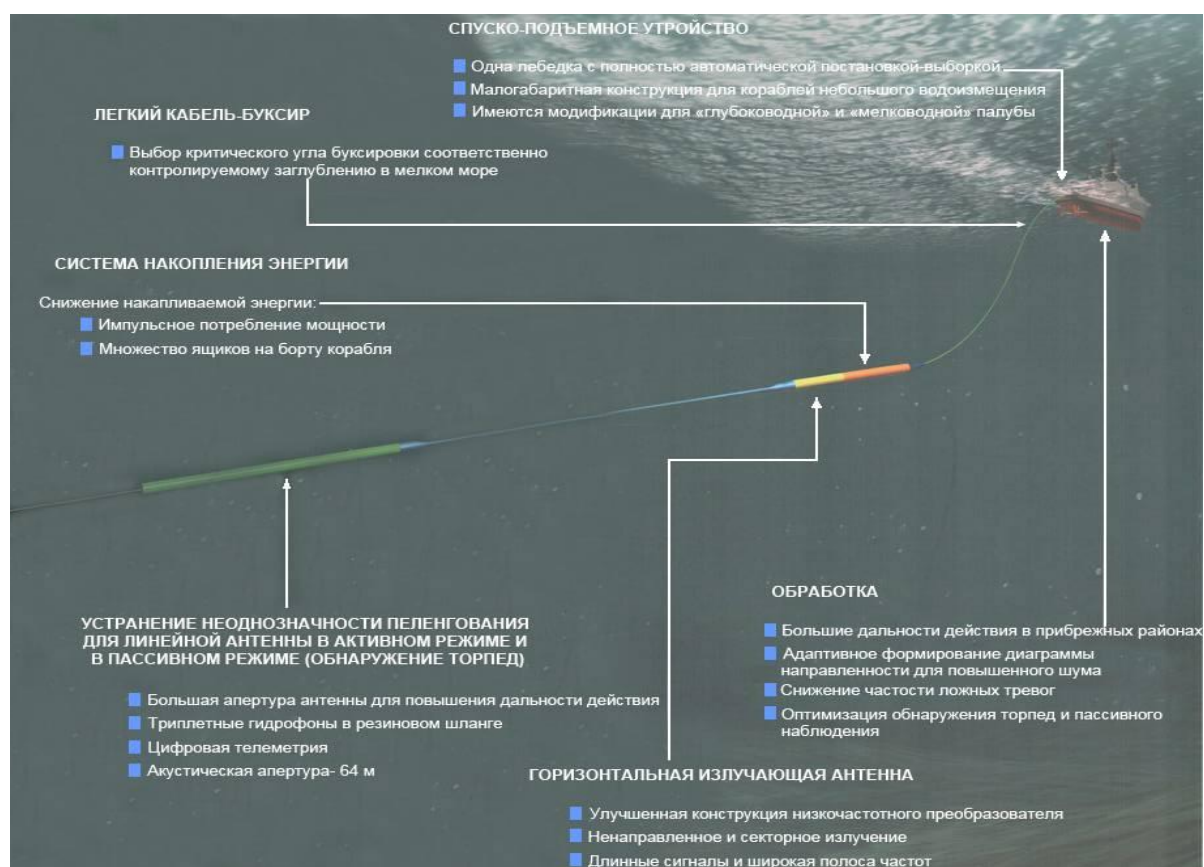


Рисунок 33 – Схема буксировки ГАС с ГПБА CAPTAS-20

Активно-пассивная ГАС с ГПБА отечественной разработки «Виньетка-ЭМ» также имеет в своем составе «однолинейную» ГПБА, но устранение неоднозначности обеспечивается только специальным маневрированием НК-носителя. Длина ГПБА-до 276 м, диаметр -55 мм, длина тяжелого кабеля - до 900 м, глубина погружения – до 600 м, максимальная скорость буксировки - 25 узл. (рабочая скорость буксировки в режиме эхопеленгования - 14 узл., в режиме шумопеленгования - 8 узл.). Масса буксируемого излучателя - 900 кг, размеры: высота - 1,6 м; длина - 1,5 м; ширина - 0,92 м; Время постановки-выборки буксируемой части- не более 50 мин [21-44].

Приборный состав ГАС «Виньетка-ЭМ» представлен на рисунке 34 [21-44].

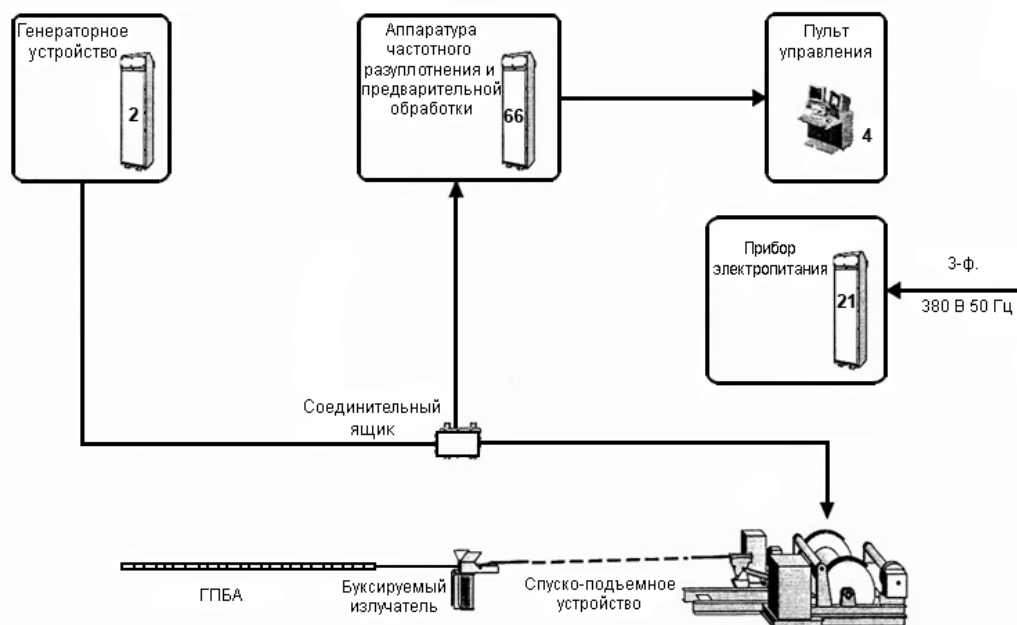


Рисунок 34 - Приборный состав ГАС «Виньетка-ЭМ».

На рисунке 35 показан типовой графический кадр на индикаторе в режиме шумопеленгования (ШП) и внешний вид заглубителя-излучателя [21-44].

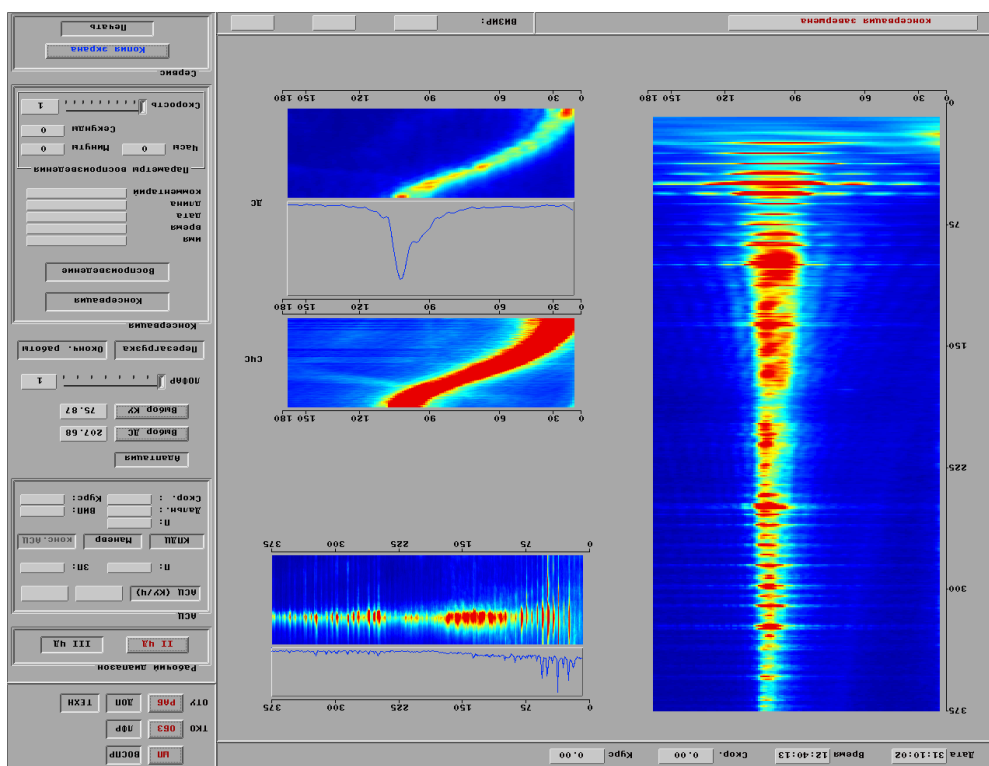


Рисунок 35 - Графический кадр отображения в режиме ШП: слева- дискретные составляющие спектра в функции курсового угла



Рисунок 36 - Элементы буксируемой части ГАС «Виньетка-ЭМ»: слева - излучатель; в центре – заглубитель, справа – отрезок ГПБА.

В отличие от рассмотренных выше станций, активно-пассивные ГАС американской и немецкой разработки LFATS и ACTAS (ASA-92) имеют в своем составе многолинейную («сдвоенную») ГПБА для устранения неоднозначности пеленгования.

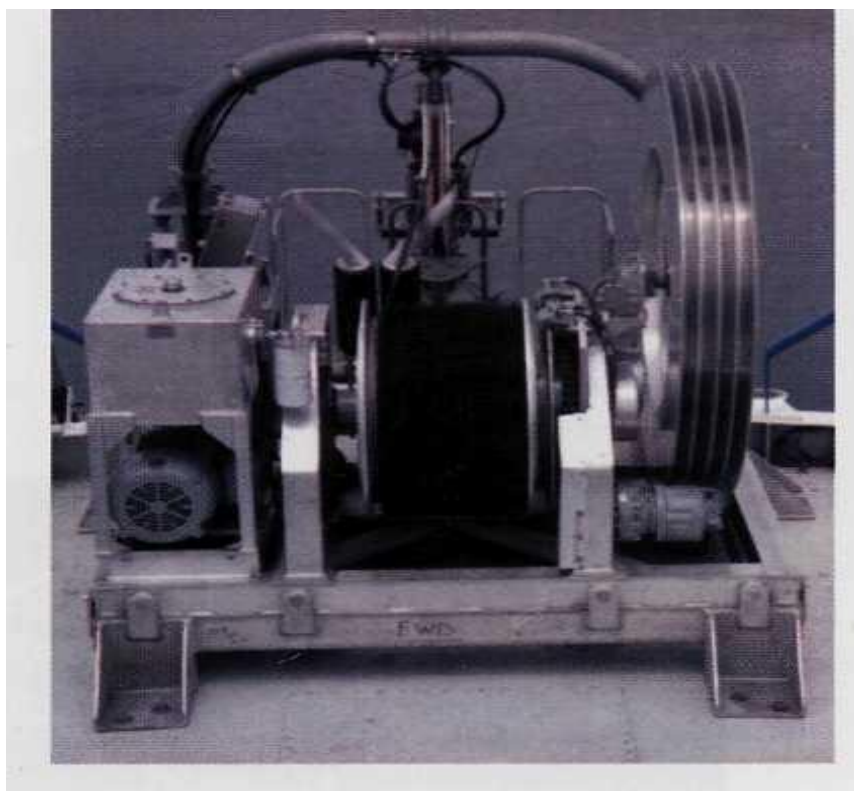


Рисунок 37 - Внешний вид спускоподъемного устройства ГАС LFATS

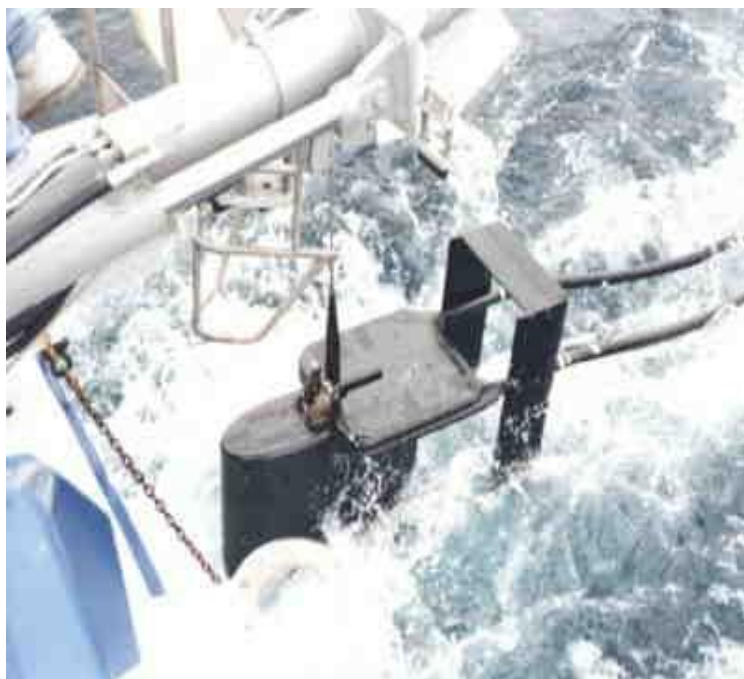


Рисунок 38 - Постановка буксируемого носителя ГАС LFATS

ГАС LFATS предназначена для установки на фрегаты, корветы и патрульные катера. Решает задачи обнаружения, классификации и сопровождения целей, предупреждения о торпедной угрозе. Для устранения право-левосторонней неоднозначности используется многолинейная ГПБА (2 или 4 линии) и направленное излучение. Работает на частоте эхопеленгования 1,38 кГц. Излучатель состоит из 16 высокоэффективных компактных элементов. В состав бортовой аппаратуры входят 2 усилителя мощности и пультный прибор. Размер заглубителя-излучателя 2,4х2,4х2,0 м, масса 3,2 т. Рабочая скорость буксировки 2-15 узл., предельная-30 узл. Глубина погружения ГПБА-до 300 м (на скорости 15 узл до 130 м). В системе используются COTS компоненты [21-44].

ГАС АСТАС (ASA-92) предназначена для установки на фрегаты и эсминцы; Решаемые задачи - аналогичны ГАС LFATS. ГПБА - двухлинейная, длина 80 м, масса 280 кГ, глубина буксировки 20-350 м. Может использоваться подкильный излучатель или буксируемый излучатель эллиптической формы (длина-1,4 м; высота-1,0 м). Масса буксируемого тела 800 или 1080 кГ. В станции 2 эталона частот эхопеленгования, диапазон частот ШП - 0,05-2,5 кГц. Предусмотрено использование тонального и

частотно-модулированного сигнала. Объем аппаратной части - 4 приборных шкафа [21-44].

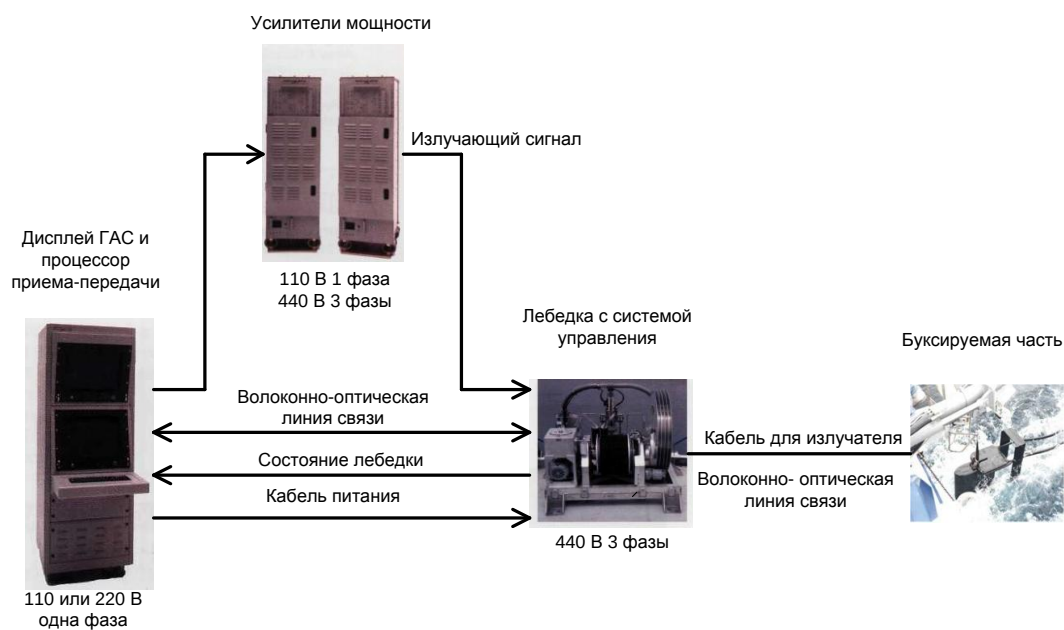


Рисунок 39 - Приборный состав ГАС LFATS



Рисунок 40 - Внешний вид приборов ГАС LFATS

3.1.5 Обтекатели гидроакустических антенн

Обтекатели конструкций электроакустических антенн, эксплуатируемых в жидкости, предназначенные для защиты антенн от механического воздействия потока жидкости и от помех гидродинамической природы.

Требования, предъявляемые к обтекателю, противоречивы. Рассмотрим их на примере корабельной гидроакустической антенны. С одной стороны, конструкция ее обтекателя является элементом корпуса корабля и должна иметь достаточную прочность. Она должна быть рассчитана на статические и динамические, в том числе ударные, нагрузки, возникающие при движении корабля, его качка, маневрах и тому подобное. С другой стороны, конструкция обтекателя должна быть акустически прозрачной, иметь малые фазовые искажения звукового сигнала, обеспечивать минимальные искажения характеристики направленности антенны.

Таким образом, конструкторско-технологические и акустические характеристики обтекателя (форма, размеры, прочность, звукопрозрачность) осуществляют непосредственное влияние на характеристики электроакустической антенны.

В частности, неправильный выбор формы обтекателя может привести к появлению переотражения сигнала от внутренних стенок обтекателя и, как следствие, к появлению ложных отметок сигналов.

Недостаточная жесткость обтекателя может быть причиной возбуждения вибраций его оболочки и возникновение дополнительной акустической помехи. Недостаточная звукопрозрачность обтекателя искажает характеристики направленности антенны.

Структурные элементы обтекателя корабельной гидроакустической антенны и связанный с ними перечень акустических проблем показаны на рисунке 41, где 1 - тыльную экран антенной выгородки; 2 - гидроакустическая антенна; 3 - корпус корабля со звукопоглощающим

покрытием; 4 - помеха, распространяющаяся по корпусу корабля (структурная помеха) 5 - обтекатель; 6 - гидродинамическая помеха; 7 - рефракция сигнала на обтекателе; 8 - помеха от винтов корабля, которая распространяется водным путем; 9 - отражение от кормовой перегородки антенной выгородки; 10 - помеха, обусловленная локальным возбуждением оболочки обтекателя; 11 - эффект от обрастания обтекателя; 12 - эффект реверберации звука в обтекателе; 13 - явление кавитации звука на оболочке обтекателя; 14 - потери звука при прохождении через обтекатель.

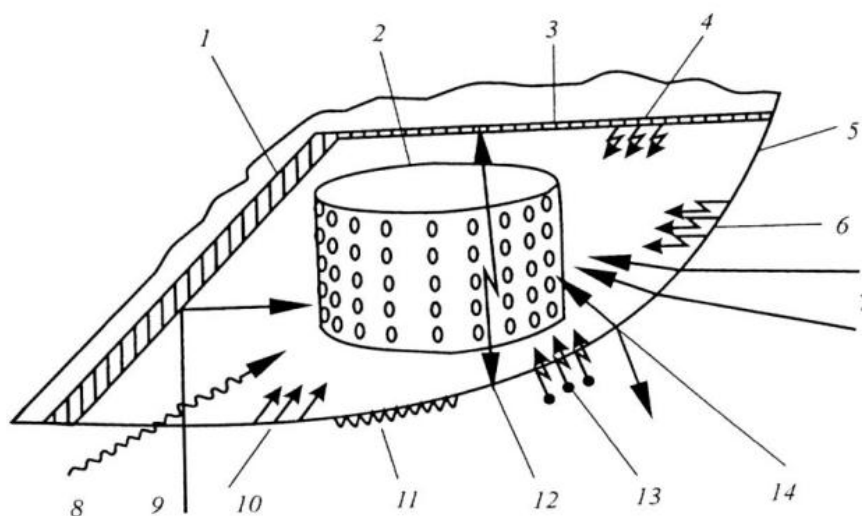


Рисунок 41 – Структурные элементы обтекателя корабельной гидроакустической антенны

Тыльный поглощающий экран ослабляет отражение звука от кормовой перегородки антенной выгородки, в том числе и благодаря наклонению поверхности экрана относительно вертикали, защищает антенну от корабельных акустических помех и ослабляет переотражения звука от стен антенной выгородки и звукопрозрачного окна обтекателя. Для подавления структурной помехи на корпусные конструкции корабля наносится звукоизолирующее покрытие и создается высокая звукопрозрачность окна обтекателя. При недостаточной звукопрозрачности обтекателя локальная помеха частично теряет свои когерентные свойства, превращаясь в диффузный по пространству шум, препятствует адаптивному подавлению помехи.

3.2 Техничко-экономическое обоснование применения гидроакустических средств судна экологического мониторинга

3.2.1 Описание комплектации гидроакустических средств экологического судна

Согласно вышепредставленных данных, считаю целесообразной схему использования ГАС судна экологического мониторинга с буксируемым гидроакустическим модулем (рисунок 47) [21-44]. Состав ГАС: ГАС, буксируемый гидроакустический модуль, комплект компьютерной и аппаратурной техники, оптокабеля и прочие коммуникации.

3.2.2 Определение затрат на реализацию экологической миссии

Согласно данным [45], стоимость ГАС, которое включает буксируемый гидроакустический модуль, комплект компьютерной и аппаратурной техники, оптокабели и прочие коммуникации составляет 900 тыс. руб.

Стоимость судна, в среднем составляет 2 500 тыс. руб.

Продолжительность экологической миссии судна экологического мониторинга составляет – 10 суток.

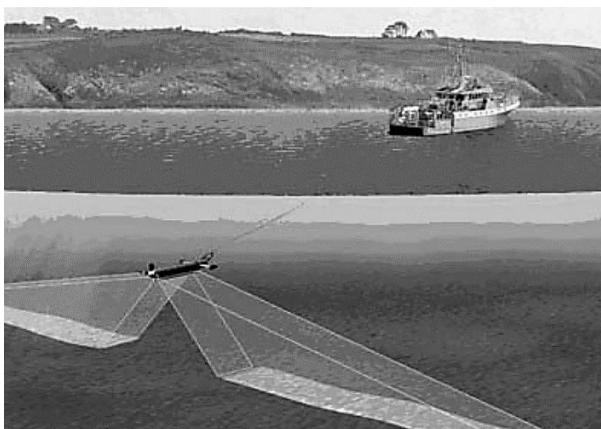


Рисунок 42 – ГАС судна экологического мониторинга с буксируемым гидроакустическим модулем

Рассмотрим выполнение экологической миссии судном экологического мониторинга для различных акваторий регионов.

Таблица 2 - Определение затрат на реализацию экологической миссии (базовый вариант)

№ п/п	Статья затрат	Размер затрат, тыс. руб.
1	ГАС, включая буксируемый гидроакустический модуль, комплект компьютерной и аппаратурной техники, оптокабеля и прочие коммуникации	900
2	Стоимость судна экологического мониторинга	2500
3	Эксплуатационные затраты, включая затраты на топливо, навигационное обеспечение и жизнеобеспечение	600
Итого:		4000

Таблица 3 - Определение затрат на реализацию экологической миссии (Северный регион)

№ п/п	Статья затрат	Размер затрат, тыс. руб.
1	ГАС, включая буксируемый гидроакустический модуль, комплект компьютерной и аппаратурной техники, оптокабеля и прочие коммуникации	900
2	Стоимость судна экологического мониторинга	2500
3	Эксплуатационные затраты, включая затраты на топливо, навигационное обеспечение и жизнеобеспечение	800
4	Ледовое обеспечение	400
Итого:		4600
Коэффициент региона		1,5
Итого:		6900

Таблица 4 - Определение затрат на реализацию экологической миссии (Южный регион)

№ п/п	Статья затрат	Размер затрат, тыс. руб.
1	ГАС, включая буксируемый гидроакустический модуль, комплект компьютерной и аппаратурной техники, оптокабеля и прочие коммуникации	900
2	Стоимость судна экологического мониторинга	2500
3	Эксплуатационные затраты, включая затраты на топливо, навигационное обеспечение и жизнеобеспечение	500
4	Кондиционирование	200
Итого:		4100
Коэффициент региона		1,3
Итого:		5330

Таблица 5 - Определение затрат на реализацию экологической миссии (Удалённый регион)

№ п/п	Статья затрат	Размер затрат, тыс. руб.
1	ГАС, включая буксируемый гидроакустический модуль, комплект компьютерной и аппаратурной техники, оптокабеля и прочие коммуникации	900
2	Стоимость судна экологического мониторинга	2500
3	Эксплуатационные затраты, включая затраты на топливо, навигационное обеспечение и жизнеобеспечение	600
4	Доставка оборудования и материалов	1200
Итого:		5200
Коэффициент региона		1,8
Итого:		9360

3.2.3 Расчёт затрат на ликвидацию аварии подводного нефтепровода

В системе магистрального трубопроводного транспорта углеводородов Российской Федерации имеется значительное количество подводных трубопроводов, отсутствие мониторинга и предупредительного надзора за которыми может повлечь за собой аварии со значительными экологическими последствиями.

Согласно данным [46], структура затрат на ликвидацию аварии подводного нефтепровода представлена на рисунке 43.

В соответствии с приведенным алгоритмом оценки затрат на ликвидацию аварии подводного нефтепровода выполним соответствующий технико-экономический расчёт, который представлен в таблице 6.

Таблица 6 - Расчёт затрат на ликвидацию аварии подводного нефтепровода

№ п/п	Статья затрат	Размер затрат, тыс. руб.
1	Затраты от потери нефтепродуктов (среднестатистические данные НП «Центр экологии ТЭК», стоимость нефти определена по данными Минфина РФ)	$7450 \times 35,2 = 191\,840$
2	Затраты на аварийные и восстановительные работы	12 000
3	Затраты на сбор и утилизацию разлива нефтепродуктов (среднестатистические данные НП «Центр экологии ТЭК»)	28 000
4	Плата за экологический ущерб (среднестатистические данные НП «Центр экологии ТЭК»)	42 000
5	Затраты на восстановление нормальной окружающей среды (среднестатистические данные НП «Центр экологии ТЭК»)	25 000
Итого:		298 840

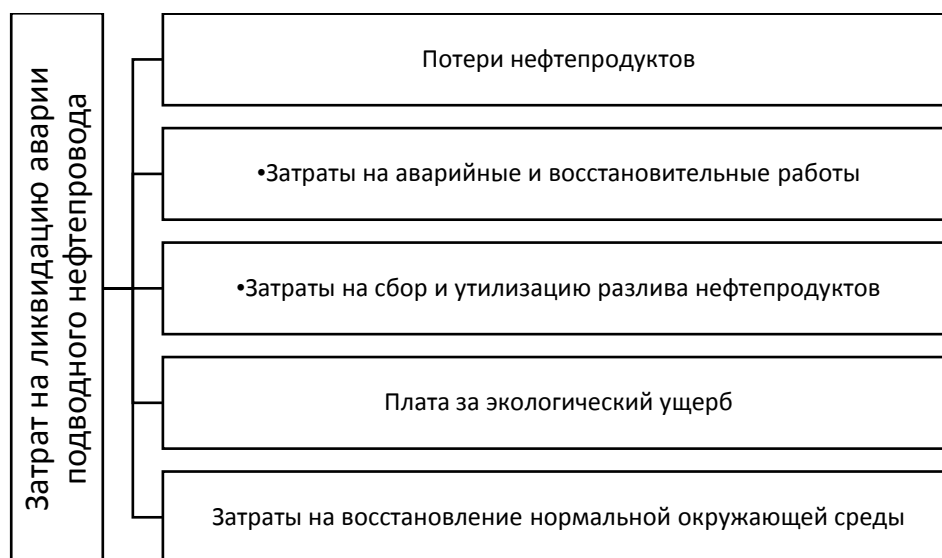


Рисунок 43 - Структура затрат на ликвидацию аварии подводного нефтепровода

3.2.4 Технико-экономическое обоснование экологической миссии

Государства и организации, осуществляющие транспорт углеводородов посредством подводных магистральных трубопроводов, должны обеспечить систему экологической безопасности, которая, в частности, включает проведение подводных инспекций всей протяженности транспортных коммуникаций с помощью специализированных аппаратов, таких как судно экологического мониторинга.

Своевременное проведение экологической инспекции на подводном нефтепроводе позволит предотвратить огромную аварию, выполнить предупредительный ремонт и избежать колоссального экологического ущерба, и как следствие, значительных финансово-экономических потерь.

Согласно проведенному оценочному расчёту среднестатистические затраты на ликвидацию последствий аварий подводного нефтепровода составят 298,8 млн. руб.

Как видно, из оценочных расчётов, применение природоохранных судов для экологического мониторинга не только целесообразно с точки зрения экологических аспектов и влияния техногенных факторов на окружающую среду, но экономически выигрышно, т.к. позволяет ценой

технического осмотра и проведением ремонтных профилактических работ избежать значительных затрат на проведение аварийно-восстановительных и ликвидационных работ.

Выводы:

В настоящей главе произведён аналитико-информационный обзор ГАС, используемых в надводных судах. Ввиду устанившейся практики, большая часть конструктивных решений по ГАС приходится на суда ВМФ стран мира. Суда ВМФ также часто используются и для выполнения вспомогательных эколого-надзорных миссий, в частности при осуществлении патрулирования границ акваторий государств и незаконного вылова рыбы. Из рассмотренных вариантов ГАС, наиболее перспективным является буксируемое ГАС, которое принимаем в качестве основы для последующего проектирования миссии экологического надзора с применением гидроакустических средств.

Согласно проведенным результатам срок окупаемости выполнения миссии планового экологического мониторинга с использованием специального судна, в противовес затратам на ликвидацию аварийного пролива подводного магистрального нефтепровода составит:

- Базовый вариант: $4/298,8 = 5$ дней
- Северный регион: $6,9/298,8 = 9$ дней
- Южный регион: $5,33/298,8 = 7$ дней
- Удалённый регион: $9,36/298,8 = 12$ дней

Наименьший срок окупаемости составляет расчёт для базового варианта, наибольший для варианта в удалённом регионе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель ВКР: обоснование состава и характеристик гидроакустических средств судна экологического мониторинга.

В процессе исследования получены следующие результаты:

- Выполнен анализ технических решений по судам экологического мониторинга.

Ключевую роль в техническом обеспечении системы экологического мониторинга водной среды занимают корабельные агрегаты, которые носят название судов экологического мониторинга.

Данные суда используются морским флотом Российской Федерации для контроля и мониторинга среды водных объектов с целью оперативного влияния и предотвращения экологических бедствий и катастроф, формирования статистической базы данных о структурах и составе водных экосистем, выполнения научно-экспедиционных целевых миссий для производства натурных наблюдений и лабораторных исследований. Стратегией развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года предусмотрено расширение технической базы и перевооружение специального флота экологического назначения, в частности ввод в эксплуатацию судов экологического мониторинга [12].

Выполнение экологическим судном поставленных задач не представляется возможным без оборудования последнего соответствующими гидроакустическими средствами, которые обеспечивают, выполнение следующих функций: подводное наблюдение, связь, телеметрия и телеуправление, океанографические исследования, контроль и анализ акустических полей судов и параметров гидроакустической аппаратуры, прочее.

- Выполнен анализ гидроакустических средств, которыми оборудуют надводные суда.

В состав судового гидроакустического комплекса входят: гидролокатор бокового обзора - интерферометр, гидролокатор кругового (секторного) обзора (для текущего выявления трубопровода и ориентации движения судна вдоль трассы его прокладки, картирование зоны отчуждения и выявления посторонних объектов), профилограф и эхолот (для текущего профилирования рельефа дна вдоль трассы прокладки трубопровода и определения стратификации отложных слоев дна), измеритель скорости звука (для учета влияния вертикального распределения скорости звука по глубине на параметры, которые оцениваются), система позиционирования судна с помощью гидроакустических маяков-ответчиков (при проведении ремонтно-восстановительных работ).

Гидроакустическая аппаратура, буксируемого устройства содержит гидролокатор бокового обзора - интерферометр средне- и высокочастотный (для трехмерного картирования рельефа дна вдоль трассы прокладки трубопровода с разной разрешающей способностью и зоной считывания), многолучевой высокочастотный эхолот (трехмерного картирования положения трубопровода вдоль трассы его прокладки и зоны отчуждения с высокой разрешающей способностью), гидроакустический определитель утечки продукта (для оценки по шуму струи, следует, местоположения и размера источника утечки), гидроакустический определитель уровня вибраций (для регистрации участков трубопровода с повышенным уровнем вибраций), систему определения местоположения носителя буксируемого относительно судна (доплеровский лаг, глубиномер).

- Произведен выбор и обоснование варианта оборудования судна экологического мониторинга средствами гидроакустики.

Ввиду устранившейся практики, большая часть конструктивных решений по ГАС приходится на суда ВМФ стран мира. Суда ВМФ также часто используются и для выполнения вспомогательных эколого-надзорных миссий, в частности при осуществлении патрулирования границ акваторий государств и незаконного вылова рыбы. Из просмотренных вариантов ГАС,

наиболее перспективным является буксируемое ГАС, которое принимаем в качестве основы для последующего проектирования миссии экологического надзора с применением гидроакустических средств.

Как показал технико-экономический анализ выполнения миссий экологического мониторинга с использованием судов оснащенных соответствующими ГАС является не только целесообразно с точки зрения природоохранного законодательства, но и с точки зрения экономической эффективности предотвращения потерь транспортируемых морскими путями углеводородов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция).

2 Федеральный закон от 21.11.2011 N 331-ФЗ (ред. от 30.12.2015) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»

3 Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации: <http://www.mnr.gov.ru/>

4 Рождествин В.Н. (ред.) Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды. Учеб. пособие для вузов (Сер. Электроника). / В.И Козинцев, В.М Орлов, М.Л. Белов и др. Под ред. В.Н. Рождествина. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — 528 с., ил.

5 Лаврова О.Ю., Костяной А.Г., и др. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. Москва: Изд-во ИКИ РАН, 2011. — 480 с.

6 Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Костяной А.Г. Спутниковые методы выявления и мониторинга зон экологического риска морских акваторий. М.: ИКИ РАН, 2016. — 334 с.: табл., ил., цв. ил.

7 Пашкевич М.А. Методы и приборы контроля окружающей среды, и экологический мониторинг. Конспект лекций. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт, 2001. — 129 с.

8 Калинин В.М., Рязанова Н.Е. Экологический мониторинг природных сред. Учеб. пособие. — М.: ИНФРА - М, 2015. — 203 с., ил.

9 Труды Государственного Океанографического института 2002 Выпуск 208 Исследования океанов и морей. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат. — 480 с.

10 Калинин В.М. Мониторинг природных сред. Учебное пособие. Тюмень: Издат-во Тюменского государственного ун-та, 2007. - 208 с.

11 Денисов В.В. (ред.) Промышленная экология. Учебное пособие. — Ростов н/Д: Феникс; М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2009. — 720 с.: ил.

11 Полякова С.А. Учение о гидросфере. Томск: ТУСУР, 2012. — 239 с.

12 «Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года» (одобрена Морской коллегией при Правительстве РФ 28.09.2012).

13 Проект 16220. Судно экологического мониторинга «Экопатруль» СФ «Алмаз».

14 Проект. Судно экологического мониторинга «Русич-3.2» ОА «Зеленодольское ПКБ».

15 Проект 1797С. Судно экологического мониторинга. ПКДС-14. ОАО «10 СРЗ».

16 Проект 7038. Судно экологического мониторинга. СРЗ №893 / «Звездочка» (СССР, г. Северодвинск).

17 Проект 21232. Судно экологического мониторинга. Амурский СЗ.

18 Проект 23107Э. Судно экологического мониторинга. Морской завод «Алмаз» (Россия, г. Санкт-Петербург).

19 Проект 23107Э1 (2307). Судно экологического мониторинга. «СФ «Алмаз». ФГУП В/О «Зарубежгеологии».

20 Проект 655 (Финляндия). Судно экологического мониторинга. Управление Каспийского комплексного экологического мониторинга Азербайджана.

21 Роннов Е.П. Проектирование судов экологического назначения. Часть 1. Учебное пособие. — Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. — 137 с.

22 Давыдова С.В. Роннов Е.П. Проектирование судов экологического назначения. Часть 2. Общее устройство и специализированное оборудование судов экологического назначения. Учебное пособие. — Н. Новгород: ВГАВТ, 2011. — 77 с.

23 Алексеев Б.Н., Гулиянц Р.С., Каришнев Н.С., Казаков Б.М., Холодева Н.А. Судовая гидроакустическая система наружной диагностики технического состояния морских магистральных трубопроводов // Тр. VIII Международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2006. – С. 117-121

24 Гуральник Д.Л. Судовой природоохранный комплекс «Акватория». Новые технологии контроля экологического состояния водных объектов // Экологические системы и приборы. – 2003. – № 6. – С. 12-17.

25 Корякин Ю.А. и др. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. СПб.: Наука, 2004. — 410 с.

26 Богородский А.В., Островский Д.Б. Гидроакустические навигационные и поисковообследовательские средства. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. – 244 с.

27 Войтов А.А., Остриянский Е.А., Свечников А.И. // Тр. VII международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики», ГА–2004. – СПб.: Приложение к науч.-техн. сборнику "Гидроакустика", 2004. – С. 44-47.

28 Румянцев В.А., Яковлев В.А., Зурабян А.З., Журенков А.Г. Оптические методы и средства контроля разливов нефтепродуктов на водной поверхности / Под ред. акад. РАН Г.В. Смирнова. – СПб.: ЛЕМА, 2007.

29 Степанов А.И., Рогов С.А., Карпов С.Н., Кондрашов В.А., Мальков С.А., Сачава С.И., Самарцев М.С., Спивак Л.А., Тершуков В.А. Судовой лидар для гидрологических исследований// Оптический журнал. – 2008. – Т. 75, № 2. – С. 43-49.

30 Ainslie M.A. Principles of Sonar Performance Modelling. Springer + Praxis Publishing, 2010. — 707 p.

31 Bjorno L. Applied Underwater Acoustics. Elsevier, 2017. — 970 p.

32 Bourennane S. (Ed.) Underwater Acoustics. InTech, 2012, 136 p.

33 Cheng X., Yang L., Cheng X. Cooperative OFDM Underwater Acoustic Communications. Springer, 2016. — 116 p.

- 34 Etter P.C. Underwater Acoustic Modeling and Simulation. 4th Edition. — CRC Press, Taylor & Francis. — 2013. — 521 p.
- 35 Marage J.-P., Mori Y. Sonar and Underwater Acoustics. Wiley, 2010. — 618 p.
- 36 Кулистов В.А. Промысловая гидроакустика. Курс лекций – Керчь: КГМТУ, 2012. – 100 с.
- 37 Труды XII Всероссийской конференции Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. ГА-2014. Российская академия наук, СПб, «Нестористория» 2014 г., 504 стр.
- 38 Фирсов Ю.Г. Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров. СПб.: Нестор-История, 2010. — 348 с.
- 39 Щуров В.А. Векторная акустика океана. Владивосток: Дальнаука, 2003 - 308 с.
- 40 Гидроакустика 2002 №03. СПб.: ЦНИИ Морфизприбор. — 138 с.
- 41 Свердлин Г.М. Прикладная гидроакустика. 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Судостроение, 1990. — 320 с: ил.
- 42 Красовский П.А, Цыганков С.Г., Теверовский Г.В. Проблема измерения гидроакустических характеристик морских объектов. «Новый оборонный заказ. Стратегии» № 3 (10) 2010.
- 43 Новиков А.И. и др. Океан и океанотехника. Севастополь: Издатель Кручинин Л.Ю., 2010. — 436 с.
- 44 Новиков А.И., Зиньковский-Горбатенко В.Г. Теория и устройство судов и технических средств освоения шельфа. Том 1. Севастополь: Украинский морской ин-т, 2011. — 575 с.
- 45 Методика по расчету платы за загрязнение акваторий морей и поверхностных водоемов, являющихся федеральной собственностью Российской Федерации, при производстве работ, связанных с перемещением и изъятием донных грунтов, добычей нерудных материалов из подводных карьеров и захоронением грунтов в подводных отвалах.