

АВТОНОМНАЯ РАДИОГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ В РАЙОНАХ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

**В.Ф. Емельяненко, А.И. Ким, Е.С. Кондрашова,
А.Е. Малашенко, П.А. Молчанов**

В Арктической зоне Российской Федерации одним из приоритетов национальной морской политики является развитие системы обеспечения поиска и спасания людей, системы предотвращения и ликвидации последствий аварийных разливов нефти на море. Проблема безопасности морских акваторий в условиях Арктики имеет исключительное значение, что и определяет актуальность и практическую значимость возникающих при этом научно-технических задач. При создании систем наблюдения за подводной (подледной) обстановкой необходимо учитывать особенности метеоусловий, судоходства и хозяйственной деятельности в регионе. Основное требование заключается в обеспечении эффективной, надежной работы создаваемых систем и комплексов. В работе приведены обоснования целесообразности создания автономной радиогидроакустической системы для обеспечения безопасности мореплавания в районах Северного морского пути. Предложена структура построения и приведены оценки основных параметров системы для условий Северного Ледовитого океана.

Ключевые слова: гидроакустические системы, звукоподводная связь, безопасность мореплавания, освещение надводной обстановки.

Введение

Морская доктрина Российской Федерации [1] определяет как одно из приоритетных направлений деятельности в сфере морских научных исследований развитие дистанционных методов и средств наблюдения, обеспечивающих безопасность российских морских акваторий. В состав систем наблюдения включаются автономные станции, передающие информацию по спутниковым каналам, автономные свободно плавающие и погружающиеся системы комплексных наблюдений, передающие информацию по спутниковым и гидроакустическим каналам.

Эффективность спасательных операций на море тем выше, чем меньше время прибытия спасателей в зону обнаружения терпящего бедствия объекта. Для обеспечения спасательных операций существуют различные береговые и космические системы мониторинга акваторий, однако они не обеспечивают в полной мере получение оперативной информации

о надводной и подводной (подледной) обстановке в удаленных районах и в сложных метеорологических условиях. Эффективность региональных систем контроля судоходства и хозяйственной деятельности на море характеризуют следующие показатели качества:

- математическое ожидание доли судов (морских объектов), знание местоположения которых на любой момент времени обеспечивается с заданной предельной ошибкой;
- вероятность обнаружения судов (морских объектов) на границах зоны ответственности;
- вероятность сопровождения объектов внутри зоны ответственности;
- вероятность правильной классификации обнаруженных объектов;
- ошибки определения координат и параметров движения контролируемых объектов;
- время устаревания информации о координатах и параметрах движения контролируемых объектов.

Настройка параметров функционирования для каждой конкретной задачи может быть оптимизирована по одному из приведенных выше показателей. Например, при решении задачи наведения сил спасения на терпящее бедствие судно, критерием для оптимизации является ошибка определения его координат при сохранении других показателей не хуже требуемых.

■ Методы и материалы исследования

В [2–3] рассмотрена структура построения автономной радиогидроакустической станции (АРГАС), предназначенной для освещения подводной и надводной обстановки.

Структура построения заякоренной модификации АРГАС, основные элементы которой разработаны в СКБ САМИ ДВО РАН, представлена на рис. 1. Заякоренная станция должна быть установлена в районах,

свободных ото льда или в районах с дрейфующими льдами небольшой плотности.

На рис. 1: 1 – большой морской ледостойкий буй с радиооборудованием и сменными источниками питания; 2 – якорь-балласт; 3 – кабель-трос; 4 – излучающая антенна звукоподводной связи; 5 – приемная гидроакустическая антенна с модулем цифровой обработки информации; 6 – информационный пост (береговой или корабельный).

Постановка станций производится штатными средствами гидрографических кораблей с грузоподъемными устройствами не менее 5,0 т.

В районах сплошных ледовых полей большой толщины необходимо будет установить АРГАС дрейфующей модификации. Постановка АРГАС производится через искусственную полынь диаметром до 2 м. Станция устанавливается под лед в транспортном (свернутом) состоянии и в автоматическом режиме переводится в рабочее положение на заданной

Рис. 1. Структура построения АРГАС заякоренной модификации с системой спутниковой радиосвязи через океанический ледостойкий радиобуй

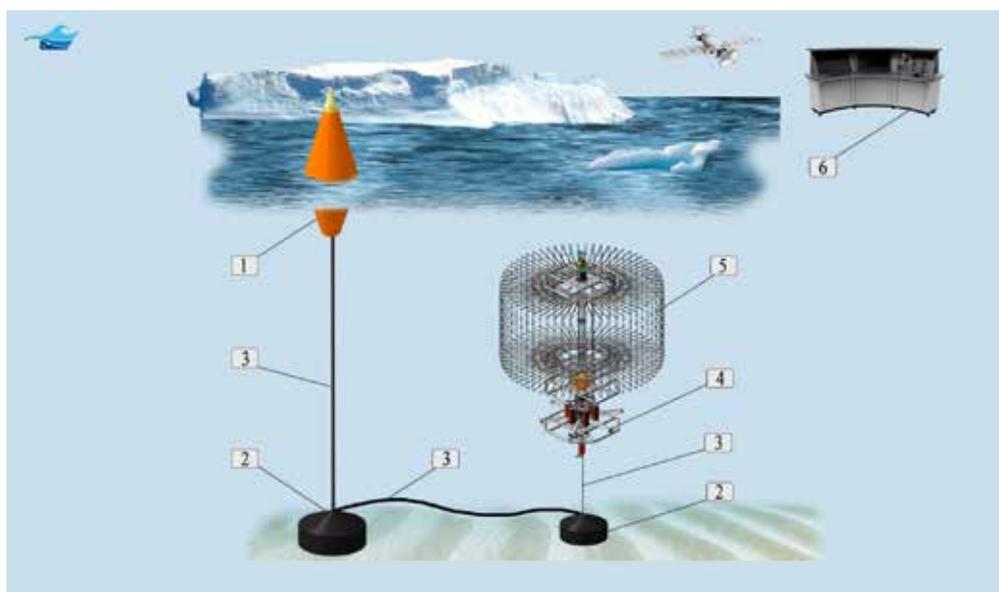


Рис. 2. Пример постановки акустической станции (приемная антенна в транспортном положении) под лед на морском полигоне СКБ САМИ ДВО РАН

глубине подо льдом (ориентировочно на расстоянии 50–150 м от нижней границы льда). На рис. 2 показан процесс постановки прототипа АРГАС в ледовых условиях морского полигона СКБ САМИ.

На рисунках 3 и 4: 1 – антенно-фидерное устройство абонентского терминала спутниковой системы связи «Гонец»; 2 – дополнительная плавучесть (для удержания антенно-фидерного устройства спутниковой системы связи «Гонец» на поверхности моря в случае, если лед растает); 3 – блок питания; 4 – излучающая гидроакустическая антенна звукоподводной связи (на рис. 4 в транспортном положении, на рис. 2 в рабочем положении); 5 – приемная гидроакустическая антенна с модулем цифровой обработки ин-

формации (на рис. 3 в транспортном положении, на рис. 4 в рабочем положении); 6 – информационный пост (береговой или корабельный). На рис. 2 показан пример постановки гидроакустической станции с приемной антенной, находящейся в транспортном положении, под лед. После погружения станции на заданную глубину подо льдом приемная антенна автоматически разворачивается в рабочее положение, как показано на рис. 4.

Основной элемент в составе АРГАС – пространственноразвитая, автоматически разворачиваемая на позиции приемная гидроакустическая антенна в виде звукопрозрачного цилиндра [4], обеспечивающая формирование веера статических диаграмм на-

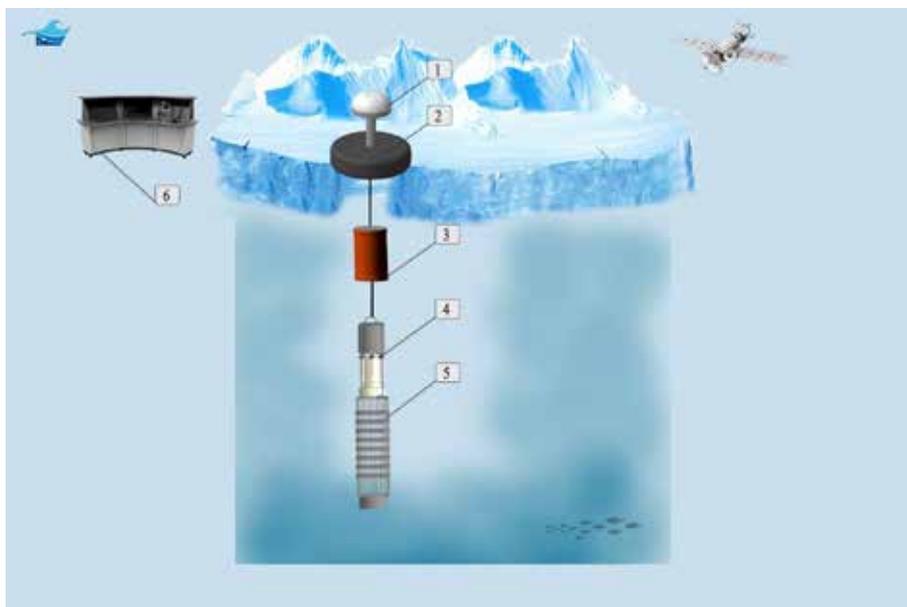


Рис. 3. Структура построения АРГАС (в момент постановки подо льдом) дрейфующей модификации с передачей информации через спутниковую систему связи «Гонец», радиоантенна которой установлена на поверхности льда



Рис. 4. Структура построения АРГАС дрейфующей модификации (с приемной антенной в рабочем положении) с передачей информации через спутниковую систему связи «Гонец», антенно-фидерное устройство которой расположено на поверхности льда

правленности в горизонтальном секторе 360° . АРГАС функционирует в двух режимах: шумопеленгования (ШП) и звукоподводной связи (ЗПС) [5]. АРГАС, объединенные в сетевую систему, обеспечивают прием и передачу информации на информационный пост не только по радиоканалу, но и по звукоподводной связи в подледном пространстве [6], что очень важно для приема сигналов от аварийных гидроакустических сигнализаторов типа МГС-30Э [7]. Сигнализаторы срабатывают под водой при аварийных ситуациях и излучают на частоте 3.2 кГц импульсы различной длительности со звуковым давлением не менее 1,0 кПа (WWW.OCEANPRIBOR.RU).

Для радиосвязи с береговым информационным центром в составе АРГАС предусмотрен большой морской ледовый буй, в котором установлено следующее радиооборудование:

- приемопередатчик спутниковой системы связи («Гонец» или «Инмарсат»);
- приёмник автоматической идентификационной системы (АИС);
- приёмник навигационной системы «Глонасс».

В корпусе ледового буя размещены сменные источники электропитания.

Приемник АИС (https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматическая_идентификационная_система) в составе радиобуя обеспечивает непрерывный приём радиосигналов от судов, попадающих в зону его действия в радиусе до 50 км, и служит для повышения достоверности идентификации шумящих объектов, наблюдаемых трактом шумопеленгования АРГАС. Собственные координаты дрейфующей АРГАС определяются приёмником системы «ГЛОНАСС» с погрешностью не более 15 м и вероятностью 0,95.

В состав формуляра, который автоматически выработывает каждая АРГАС и пересылает по радиоканалу на информационный пост с заданным интервалом времени, включены:

- время контакта с шумящим объектом;
- координаты и параметры движения объекта наблюдения;
- ошибки определения координат и параметров движения объекта;
- результаты классификации на типы судов;
- уровень заряда батарей и результаты текущего технического диагностирования основных составных частей АРГАС;
- данные от приемника АИС и собственные координаты АРГАС для дрейфующей модификации.

Береговой (бортовой) информационный пост связан одновременно со всеми АРГАС системы, ве-

дет обработку информации и управление процессами функционирования всеми АРГАС [9]. Совместная обработка информации от АРГАС существенно повышает характеристики системы. Например, в режиме шумопеленгования появляется возможность определять не только пеленг на шумящий объект, но и его координаты; разностно-дальномерным методом с большой точностью определяются координаты носителя аварийного сигнализатора МГС-30Э, а также координаты абонентов звукоподводной связи.

В режиме звукоподводной связи (ЗПС) информационный пост формирует сигналы управления АРГАС по их идентификационному номеру, назначает номера абонентов и ретрансляторов сигналов, а также формирует информационную составляющую передаваемого сообщения [5]. Сообщения могут быть переданы любому подводному объекту, оснащённому модулем звукоподводной связи (ЗПС) в рабочем диапазоне частот АРГАС.

Исходные данные, принятые для расчета параметров системы АРГАС, следующие:

- вероятность правильного обнаружения шумящего судна на предельной дальности не менее 0,9;
- поток ложных сообщений от одной АРГАС не более 1 за 10 суток;
- уровень шумоизлучения судов $1,5 \text{ Па} / \sqrt{\text{Гц}}$ (соответствуют шумам среднего рыболовного траулера);
- АРГАС обеспечивает излучение сигналов ЗПС в горизонтальном секторе 360° и в вертикальном секторе $\pm 20^\circ$ в полосе частот согласованного диапазона;
- звуковое давление на оси диаграммы направленности излучателя ЗПС не менее 1,0 кПа;
- гидроакустические условия соответствуют условиям однородной безграничной среды с коэффициентом затухания $\beta=0.025f^{1.5}$;
- приемная антенна с размерами: высота $H_{\max}=1.1$ м, по горизонтали $D_{\max}=1.0$ м, макс. число элементов $N=256$, антенна раскрывающаяся (коэффициент уменьшения радиуса при свертывании $K_{\text{сверт}}=2.0$).
- характеристики приемного тракта:
 - приемная антенна (ПА) – цилиндрическая дискретная звукопрозрачная антенная решетка с шириной диаграммы направленности в вертикальной плоскости не более $\Delta\beta_{\max}=20^\circ$.
 - точность пеленгования в горизонтальной плоскости достигает $\Delta\varphi_{\max}=1.0^\circ$ (для отношения сигнал/шум ≥ 10 дБ).

- коэффициент концентрации приемной антенны 20,0 дБ в частотном диапазоне (ЧД) 5,1–6,8 кГц.

Дальность действия АРГАС в режиме шумопеленгования определяется из уравнения дальности [10]:

$$СШ = ЭП - ПР, \quad (1)$$

где СШ – пороговое отношение сигнал/шум на индикаторе (не менее 2,2 дБ),

ЭП – энергетический потенциал объекта наблюдения, ПР – потери на распространение.

$$ПР = 30 + 10 * \lg(R_0) + 10 \lg(R) + \beta R, \quad (2)$$

где R_0 – переходное расстояние, км, R – расстояние от объекта наблюдения до приемной позиции, км, β – коэффициент пространственного затухания, дБ/км.

$$\begin{aligned} ЭП &= ЭП_0 + 20 * \lg(P_o) - 20 * \lg(P_{ш0}) = \\ &= \gamma + \eta - ТП + 20 * \lg(P_o) - 20 * \lg(P_{ш0}), \end{aligned} \quad (3)$$

где γ – коэффициент концентрации антенны, η – выигрыш от временной обработки, ТП – технические потери (3 дБ), P_o – приведенная шумность объекта наблюдения на частоте f_o , $Pa / \sqrt{Гц}$, $P_{ш0}$ – спектральная плотность уровня шумов моря на частоте f_o , $Pa / \sqrt{Гц}$.

$$\eta = 5 \lg(T \Delta f), \quad (4)$$

где T – время накопления, Δf – ширина полосы ЧД.

Расчеты производятся на средней частоте ЧД.

Пороговое отношение сигнал/шум (СШ) определяется вероятностью ложной тревоги $P_{лт} = 10^{-6}$ за цикл обнаружения (соответствует потоку ложных тревог не более 1 за 10 суток) и правильного обнаружения $P_{по} = 0.9$.

Время накопления для получения максимальной дальности по объектам наблюдения $T = 30$ с, частотный диапазон приемного тракта 5,1–6,7 кГц (полоса частот 1,6 кГц), шумность НК на f_o принимаем 1,5 $Pa / \sqrt{Гц}$ (рыболовный траулер).

Результат расчетов в летних условиях для глубокого моря, когда опускаемая станция расположена оптимальным образом, и условиях: $P_{ш0} = 0.001 Pa / \sqrt{Гц}$, $R_0 = 1.5$ км, $\beta = 0.025 f^{1.5}$, дальность обнаружения в режиме шумопеленгования $R = 62.0$ км.

Дальность связи в режиме ЗПС рассчитывается из уравнения дальности (1), где потери на распространение:

$$ПР = 60 + 10 * \lg(R_0) + 10 \lg(R) + \beta R + P_{лч}, \quad (5)$$

где R_0 – переходное расстояние, км, R – расстояние от цели до приемной позиции, км, β – коэффициент пространственного затухания, дБ/км, $P_{лч}$ – потери на многолучевость ($P_{лч} = 12$ дБ).

Энергетический потенциал:

$$\begin{aligned} ЭП &= ЭП_0 - 20 * \lg(P_{ш}) = \\ &= 20 * \lg(P_u) + \eta + \gamma - ТП - 20 * \lg(P_{ш}), \end{aligned} \quad (6)$$

где γ – коэффициент концентрации антенны, η – выигрыш от временной обработки, ТП – технические потери, P_u – уровень излучения, Па, $P_{ш}$ – спектральная плотность уровня шумов моря на частоте f_u , $Pa / \sqrt{Гц}$, f_u – средняя частота ЧД ЗПС.

$$P_{ш} = P_{ш0} \Delta f / f_u, \quad (7)$$

где $P_{ш0}$ – спектральная плотность уровня шумов моря на частоте f_o , $Pa / \sqrt{Гц}$, Δf – ширина полосы ЧД ЗПС.

Расчеты производятся на частоте f_u – средней частоте ЧД станции.

Пороговое отношение сигнал/шум (СШ) определяется требуемым качеством сигнала для декодирования. Вероятность ложной тревоги $P_{лт} = 10^{-6}$. При заданной вероятности ложной тревоги порог Π принятия решения об обнаружении сигнала связи определяется из следующего уравнения:

$$P_{лт} = \exp(-\Pi) \sum_{i=0}^{N-1} \frac{\Pi^i}{i!}, \quad (8)$$

где N – число синхроимпульсов.

При известном пороге и заданной вероятности правильного обнаружения определяется пороговое отношение сигнал/шум q из уравнения:

$$P_{по} = \exp\left(\frac{-\Pi}{1+q}\right) \sum_{i=0}^{N-1} \frac{\left(\frac{\Pi}{1+q}\right)^i}{i!}. \quad (9)$$

Пороговое отношение сигнал/шум $СШ = 13.4$ дБ для $N = 5$ импульсов.

Для глубокого моря в летних условиях ($P_{ш0} = 0.001 Pa / \sqrt{Гц}$, $R_0 = 1.5$ км, $\beta = 0.025 f^{1.5}$) дальность звукоподводной связи $R = 110$ км (в режиме передачи информации от станции к станции).

■ Результаты исследования

В результате моделирования получены основные оценки эффективности решения задач региональной системы освещения морской обстановки в условиях Северного Ледовитого океана (см. таблицу).

Основные характеристики системы АРГАС

Характеристика	Значения по результатам проработки
Количество АРГАС в составе системы	Не менее 100, определяется по результатам моделирования процессов функционирования с учетом динамики ледовой обстановки и гидрометеорологических условий районов судоходства и хозяйственной деятельности
Количество АРГАС для оборудования Северного морского пути	Не более 60 при расчетной ширине зоны контроля в режиме ШП вдоль судового фарватера 124 км
СКО определения координат шумящего объекта по данным от двух АРГАС методом триангуляции	1,5 км
СКО ошибки (приборной) определения координат корреспондента в режиме ЗПС	По пеленгу не более 1° По дальности не более 0,25% от дальности до корреспондента
СКО определения координат аварийного сигнализатора МГС-30Э по данным от двух АРГАС разностно-дальномерным методом	375 м
Время доставки сообщения размером 50 цифробуквенных символов от абонента по ЗПС цепочке АГРАС на расстояние 500 км	Не более 375 с, скорость обмена данными до 100 бит/с
Скорость обмена данными между АРГАС и пультом управления по ССС «Гонец»	Пульт управления – АРГАС до 64 кбит/с и обратно – до 9,6 кбит/с.

■ Обсуждение

Для выработки рекомендаций по координатам установки АРГАС по трассе Севморпути требуется проведение дополнительных обоснований, учитывающих динамику изменений ледовой обстановки в районах развертывания системы. Для сохранения радиобуя в зимний период в условиях сложной ледовой обстановки в конструкции радиобуя должно быть

предусмотрено устройство, обеспечивающее погружение его на безопасную глубину (на 30–50 м от поверхности моря) по команде от информационного поста. АРГАС переходят полностью на звукоподводную связь в сетцентрической системе и радиосвязь с информационным постом через АРГАС подледного дрейфующего исполнения. Заякоренные станции, установленные по трассе Севморпути, в зимний период выполняют дополнительную функцию по измерению толщины льда от момента его становления до таяния с передачей информации на информационный пост.

Состояние разработки: прототипы основных составных частей системы разработаны и испытаны в морских условиях. Для внедрения системы в опытную эксплуатацию требуется постановка опытно-конструкторской работы с изготовлением опытной серии АРГАС.

Выводы

1. Для всестороннего развития Северного морского пути, развития системы обеспечения поиска и спасания людей целесообразно совместное использование АРГАС как заякоренного, так и дрейфующего типа с объединением в одной автономной станции режимов шумопеленгования, звукоподводной связи и обнаружения аварийных сигнализаторов, а также средств спутниковой навигации и радиосвязи.

2. Значительное повышение эффективности мониторинга акваторий достигается объединением разнесенных в пространстве станций в систему с обменом данными между станциями и пультом управления по радиоканалу или звукоподводной связи.

3. Современные конструкторско-технологические решения, обеспечивающие постановку и эксплуатацию АРГАС в ледовых условиях, позволяют создать постоянно действующую систему контроля подводной и надводной обстановки в районах Северного морского пути, повысить безопасность мореплавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морская доктрина Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации от 31 июля 2022 г. № 512.
2. Емельяненко В.Ф., Малашенко А.Е. Непрерывный независимый гидроакустический контроль подводного добычного комплекса // Экологические системы и приборы. 2021. № 11. С. 32–36.
3. Карачун Л.Э., Кондрашова Е.С., Малашенко А.Е. Метод оперативного акустического наблюдения за поведением серых китов в зоне морских нефтегазовых объектов // Экологические системы и приборы. 2021. № 11. С. 38–43.
4. Карачун Л.Э., Кондрашова Е.С., Малашенко А.Е. Метод оперативного пассивного акустического наблюдения за поведением серых китов в зоне морских нефтегазовых объектов // Экологические системы и приборы. 2021. № 11. С. 86–96.
5. Калёнов Е.Н., Малашенко А.Е., Емельяненко В.Ф. Приёмная цилиндрическая антенна гидроакустической станции кругового обзора: патент РФ № 2547218; заявл. 18.02.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10.

6. Минаев Д.Д., Негода В.В., Леоненков Р.В., Корытко А.С. Результаты экспериментальных исследований характеристик цифрового гидроакустического канала передачи информации в мелководном районе при наличии ледового покрова // Подводные исследования и робототехника, 2013. № 2 (16). С. 56–64.

7. Кранц В.З., Сечин В.В. Использование информационных символов для синхронизации системы связи со сложными сигналами // Гидроакустика. Вып. 15 (1). 2012.

8. Евтютов А.П., Митько В.Б. Примеры инженерных расчетов в гидроакустике. Ленинград: Судостроение, 1981. (Серия “Библиотека инженера-гидроакустика”).

Об авторах

ЕМЕЛЬЯНЕНКО Владимир Федорович, к.т.н., с.н.с.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН),

Адрес: 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. А.М. Горького, д. 25.

Область научных интересов: гидроакустические системы и комплексы

Тел.: 8(4242)750570 доб.401, факс: +74242236966

E-mail: skb@skbsami.ru

КИМ Алексей Иванович, м.н.с

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН)

Адрес: 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, д. 25

Область научных интересов: морское приборостроение, проектирование автономных глубоководных приборов и систем

Тел.: 8(4242) 750-570 доб. 405, факс: +74242236966

E-mail: skb@skbsami.ru

КОНДРАШОВА Елена Сергеевна, м.н.с

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН)

Адрес: 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, д. 25

Область научных интересов: морское приборостроение, проектирование автономных глубоководных приборов и средств морской робототехники

Тел.: 8(4242) 750-570 доб. 405, факс: +74242236966

E-mail: skb@skbsami.ru

МАЛАШЕНКО Анатолий Емельянович, к.т.н., в.н.с.

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН)

Адрес: 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, д. 25

Область научных интересов: морское приборостроение, глубоководные автономные приборы и системы, гидроакустические комплексы и системы, средства морской робототехники

Тел.: 8(4242)750570 доб.401, факс: +74242236966

E-mail: a.malashenko@skbsami.ru

МОЛЧАНОВ Павел Александрович, к.ф.-м.н., с.н.с.

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН)

Адрес: 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, д. 25

Область научных интересов: морское приборостроение, гидроакустические системы и комплексы

Тел.: 8(4242)750570 доб.401, факс: +74242236966

E-mail: skb@skbsami.ru

Для цитирования:

Емельяненко В.Ф., Ким А.И., Кондрашова Е.С., Малашенко А.Е., Молчанов П.А. АВТОНОМНАЯ РАДИОГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОГО ПЛАВАНИЯ В РАЙОНАХ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ // Подводные исследования и робототехника. 2022. № 4 (42). С. 16–24. DOI: 10.37102/1992-4429_2022_42_04_02. EDN: CYFKKB.



DOI: 10.37102/1992-4429_2022_42_04_02

AUTONOMOUS RADIO-SONAR SYSTEM TO ENSURE THE SAFETY OF NAVIGATION IN THE AREAS OF THE NORTHERN SEA ROUTE

V.F. Emelianenko, A.I. Kim, E.S. Kondrashova, A.E. Malashenko, P.A. Molchanov

The Center for Strategic and International Studies in the United States notes that due to the activity of shipping in the Arctic Ocean, the number of accidents and catastrophes, primarily related to ship accidents, has increased. The effectiveness of rescue operations at sea is higher the shorter the time of arrival of rescuers in the area of detection of a facility in distress. To ensure rescue operations, there are various coastal and space systems for monitoring water areas. However, they do not fully provide operational information on the surface and underwater (subglacial) situation in remote areas and in difficult meteorological conditions. The paper substantiates the feasibility of creating an autonomous radio-sonar system to ensure the safety of navigation in the areas of the Northern Sea Route. The structure of the construction is proposed and estimates of the main parameters of the system for the conditions of the Arctic Ocean are given..

Keywords: hydroacoustic systems, sound-underwater communication, safety of navigation, illumination of the surface situation..

References

1. Maritime Doctrine of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of July 31, 2022 No. 512.
2. Emelianenko V.F., Malashenko A.E. Continuous independent hydroacoustic monitoring of an underwater mining complex. *Ecological Systems and Devices*. 2021. No. 11. P. 32–37. DOI: 10.25791/esip.11.2021.1262.
3. Karachun L.E., Kondrashova E.S., Malashenko A.E. Method of operational active acoustic monitoring of gray whales in the area of offshore oil and gas facilities. *Ecological Systems and Devices*. 2021. No. 11. C. 38–43. DOI: 10.25791/esip.11.2021.1263.
4. Karachun L.E., Kondrashova E.S., Malashenko A.E. Method of operational active acoustic monitoring of gray whales in the area of offshore oil and gas facilities. *Ecological Systems and Devices*. 2021. No. 11. C. 86–96. DOI: 10.25791/esip.11.2021.1268.
5. Kalyonov E.N., Malashenko A.E., Emelianenko V.F. Receiving cylindrical antenna of the all-round hydroacoustic station: RF patent No. 2547218; dec. 02/18/2014; publ. 04/10/2015, Bull. No. 10.
6. Minaev D.D., Nehoda V.V., Leonenkov R.V., Korytko A.S. Results of experimental studies of hydro-acoustic characteristics of a digital communication channel in the shallow waters with the ice covering. *Underwater Investigations and Robotics*, 2013. No. 2 (16). P. 56–64.
7. Krants V.Z., Sechin V.V. Use Of Information Symbols For Synchronization Of Communication Systems With Complex Signals. *Hydroacoustics*. Vol. 15 (1). 2012.
8. Evtuyutov A.P., Mitko V.B. Examples of engineering calculations in hydroacoustics. Leningrad: Sudostroenie, 1981. (Seriya "Biblioteka inzhenera-gidroakustika").



About the authors

EMELIANENKO Vladimir Fedorovich, PhD, Senior Researcher

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 693023, Yuzhno-Sakhalinsk, st. A.M. Gorky, 25

Research interests: hydroacoustic systems and complexes

Phone: 8(4242)750570 ext. 401, **fax:** +74242236966

E-mail: skb@skbsami.ru

KIM Aleksey Ivanovich, Junior Researcher

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 693023, Yuzhno-Sakhalinsk, st. A.M. Gorky, 25

Research interests: marine instrumentation, design of autonomous deep-sea instruments and systems

Phone: 8(4242) 750-570 ext. 405, **fax:** +74242236966

E-mail: skb@skbsami.ru

KONDRASHOVA Elena Sergeevna, Junior Researcher

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 693023, Yuzhno-Sakhalinsk, st. A.M. Gorky, 25

Research interests: marine instrumentation, design of autonomous deep-sea instruments and marine robotics

Phone: 8(4242) 750-570 ext. 405, **fax:** +74242236966

E-mail: skb@skbsami.ru

MALASHENKO Anatoly Emelyanovich, PhD., Leading Researcher

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 693023, Yuzhno-Sakhalinsk, st. A.M. Gorky, 25

Research interests: marine instrumentation, deep-sea autonomous instruments and systems, hydroacoustic complexes and systems, marine robotics

Phone: 8(4242)750570 ext. 401, **fax:** +74242236966

E-mail: a.malashenko@skbsami.ru

MOLCHANOV Pavel Alexandrovich, PhD, Senior Researcher

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 693023, Yuzhno-Sakhalinsk, st. A.M. Gorky, 25

Research interests: marine instrumentation, hydroacoustic systems and complexes

Phone: 8(4242)750570 ext. 401, **fax:** +74242236966

E-mail: skb@skbsami.ru

Recommended citation:

Emelianenko V.F., Kim A.I., Kondrashova E.S., Malashenko A.E., Molchanov P.A. AUTONOMOUS RADIO-SONAR SYSTEM TO ENSURE THE SAFETY OF NAVIGATION IN THE AREAS OF THE NORTHERN SEA ROUTE. Underwater investigations and robotics. 2022. No. 4 (42). P. 16–24. DOI: 10.37102/1992-4429_2022_42_04_02. EDN: CYFKKB.

