

# Отчет о проверке на заимствования №1



**Автор:** Косяченко Оксана Викторовна [kosyachenko@msun.ru](mailto:kosyachenko@msun.ru) / ID: 376  
**Проверяющий:** Косяченко Оксана Викторовна ([kosyachenko@msun.ru](mailto:kosyachenko@msun.ru) / ID: 376)  
**Организация:** Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельск  
 Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://msun.antiplagiat.ru>

## ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 151  
 Начало загрузки: 02.11.2019 06:53:47  
 Длительность загрузки: 00:00:08  
 Корректировка от 02.11.2019 06:59:26  
 Имя исходного файла: Пятакович.  
 Формирование и редукция выборок  
 Размер текста: 565 кБ  
 Тип документа: Статья  
 Символов в тексте: 39482  
 Слов в тексте: 4923  
 Число предложений: 338

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)  
 Начало проверки: 02.11.2019 06:53:56  
 Длительность проверки: 00:00:07  
 Комментарии: [Автосохраненная версия]  
 Модули поиска: Сводная коллекция ЭБС, Коллекция РГБ, Цитирование, Коллекция eLIBRARY.RU, Модуль поиска Интернет, Модуль поиска "msun", Кольцо вузов



Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.  
 Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.  
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.  
 Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.  
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.  
 Заимствования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.  
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	11,89%	15,82%	МЕТОДЫ РАСЧЕТНОЙ И ЭКСПЕРИМЕН...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	26 Окт 2018	Коллекция eLIBRARY.RU	4695	45
[02]	4,91%	12,99%	РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ НА...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	26 Окт 2018	Коллекция eLIBRARY.RU	1937	36
[03]	4,22%	6,66%	<a href="http://media/2013/N35_17.pdf">http://media/2013/N35_17.pdf</a>	<a href="http://ics.khstu.ru">http://ics.khstu.ru</a>	17 Окт 2014	Модуль поиска Интернет	1667	21
[04]	4,67%	5,76%	ФОРМИРОВАНИЕ И РЕДУКЦИЯ ВЫБОР..	<a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>	08 Окт 2015	Модуль поиска Интернет	1843	14
[05]	0,3%	4,43%	МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХ ВЫ.	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	17 Дек 2016	Коллекция eLIBRARY.RU	119	14
[06]	0%	2,19%	ПОСТРОЕНИЕ НЕЙРО-НЕЧЁТКИХ МОД...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	раньше 2011	Коллекция eLIBRARY.RU	0	8
[07]	0%	2,18%	<a href="http://naukaip.ru/wp-content/uploads/2...">http://naukaip.ru/wp-content/uploads/2...</a>	<a href="http://naukaip.ru">http://naukaip.ru</a>	23 Сен 2018	Модуль поиска Интернет	0	5
[08]	0%	1,23%	СКАЧАТЬ	<a href="https://iupr.ru">https://iupr.ru</a>	15 Ноя 2018	Модуль поиска Интернет	0	4
[09]	0,73%	0,73%	ОАО Концерн ОКЕАНПРИБОР - Истори..	<a href="http://oceanpribor.ru">http://oceanpribor.ru</a>	раньше 2011	Модуль поиска Интернет	290	1
[10]	0,71%	0,71%	Метод повышения эффективности осв...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	15 Фев 2018	Коллекция eLIBRARY.RU	280	2
[11]	0%	0,64%	rsl01002152682.txt	<a href="http://dlib.rsl.ru">http://dlib.rsl.ru</a>	01 Янв 2002	Коллекция РГБ	0	3
[12]	0%	0,64%	Распознавание образов при интерпре...	не указано	11 Июн 2018	Кольцо вузов	0	1
[13]	0%	0,64%	Королев Д.А. 21ПМИ(м)	не указано	14 Июн 2018	Кольцо вузов	0	1
[14]	0%	0,42%	file_594c90fdbfad2фи230617	не указано	23 Июн 2017	Кольцо вузов	0	1

## Текст документа

УДК 623.98:534.222:004.93\*1

ФОРМИРОВАНИЕ И РЕДУКЦИЯ ВЫБОРОК СИСТЕМЫ  
 МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МОРСКИХ ЦЕЛЕЙ  
 С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА  
 FORMATION AND REDUCTION OF SAMPLES OF THE SYSTEM

## OF MARINE PURPOSES MULTIDIMENSIONAL CLASSIFICATION

### WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS

Канд. техн. наук, доцент, профессор АВН, В.А. Пятакович, канд.  
техн. наук, доцент, профессор АВН, О.А. Алексеев, Н.В. Пятакович,  
Н.А. Корнилов, ТОБВМУ им. С.О. Макарова, г. Владивосток. В.Ф.  
Рычкова, МГУ им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток.

Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Professor of the Academy of  
Military Sciences , V.A. Pyatakovich, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor,  
Professor of the Academy of Military Sciences , O.A. Alekseev, N.V  
Pyatakovich,  
N.A. Kornilov, The Pacific Higher Naval College named after S.O. Makarov ,  
Vladivostok, V.F. Rychova, Maritime state university named Admiral Nevelskoi,  
Vladivostok.

Аннотация: в работе представлено решение задачи формирования  
выборки для автоматизации решения задач классификации морских целей  
(МЦ) по признакам. Предложен новый метод формирования обучающих  
выборок <sup>3</sup>, обеспечивающий сохранение в сформированной подвыборке  
топологических свойств исходной выборки и не требует при этом загрузки  
всей выборки в память <sup>3</sup> электронно-вычислительной машины ( ЭВМ), что  
позволяет сократить объем выборки и уменьшить требования к ресурсам <sup>3</sup>  
интеллектуальной системы классификации МЦ работающей в автономном  
режиме.

Annotation: In data mining problem solving it has to operate with a large  
amount of data samples. This entails a significant amount of time to process the  
data. Therefore, an urgent task is to reduce the dimensionality of the data  
samples. The aim of paper is to provide a method for the formation and  
reduction of samples, allowing to handle a large amount of the original sample.  
The problem of sample formation and reduction for data mining was solved <sup>4</sup>.

Ключевые слова: морская интеллектуальная автономная система  
классификации, выборка, отбор экземпляров, редукция данных,  
интеллектуальный анализ данных, сокращение размерности данных <sup>4</sup>.

Keywords: marine intelligent autonomous classification system, sample,  
example selection, data reduction, data mining, data dimensionality reduction. <sup>5</sup>

Введение <sup>5</sup>  
Система освещения подводной обстановки (СОПО) предоставляет  
полную информацию о морских подводных объектах в назначенном районе  
и обеспечивает целеуказания <sup>6</sup> противолодочным силам. Любая малошумная  
подводная лодка должна обнаруживаться при попадании в зону действия  
элементов системы освещения подводной обстановки. Таким образом,  
вопросы разработки и совершенствования современной методики  
освещения <sup>10</sup> морской <sup>10</sup> обстановки являются весьма актуальными <sup>10</sup>.

Проблема классификации МЦ <sup>7</sup> относится к разряду наиболее  
сложных и актуальных проблем современной гидроакустики.

Классификационная задача входит в качестве обязательной компоненты в  
классическую триаду задач (обнаружение – классификация целей –  
определение координат и параметров движения целей), которые должен  
решать <sup>9</sup> гидроакустический комплекс (ГАК) и интеллектуальная система  
морского мониторинга.

#### 1. Автоматизация обработки информации

в системе мониторинга

Автоматизация береговой системы наблюдения (БСН) флота прежде  
всего требует детального анализа особенностей решаемых ею задач,  
принятой организации, условий функционирования, информационных  
поток, а также возможностей использования вычислительной техники и  
других технических средств. В БСН используются разнородные

технические средства наблюдения, опознавания, связи, обработки и отображения информации, размещаемые стационарно или на подвижных носителях и находящиеся на значительных удалениях друг от друга. БСН функционирует постоянно как в мирное, так и в военное время. Отдельные ее элементы, (в основном технические средства наблюдения за надводной обстановкой) функционируют эпизодически, другая часть – постоянно. Известно, что наибольший эффект от внедрения средств автоматизации достигается при комплексном подходе к решению этой проблемы, который предполагает совместное внедрение средств на всех уровнях, причем так, чтобы автоматизация охватила все элементы рассматриваемого процесса и осуществлялась взаимосвязано. Очевидно, что решать столь сложную задачу при автоматизации БСН достаточно проблематично. Поэтому в первую очередь целесообразно автоматизировать сбор, передачу, обработку, документирование и отображение лишь той информации, которая необходима для управления. Для выработки оптимального решения необходимо иметь достаточно достоверную, полную и своевременную информацию об обстановке. Определение требований к БСН по этим трем направлениям должно производиться на этапе исследования и разработки средств автоматизации.

Помимо этих общих требований можно установить и более конкретные, которые должны учитываться при автоматизации процессов сбора, передачи, обработки и отображения информации.

Так, автоматизация процессов сбора и передачи информации в БСН должна обеспечить: повышение точности определения координат МЦ; уменьшение времени решения задачи обнаружения; повышение достоверности информации; уменьшение времени передачи информации; повышение эффективности управления техническими средствами наблюдения. При автоматизации обработки информации в БСН достигается: повышение пропускной способности БИП; сокращение времени освещения обстановки; повышение точности обработки информации; повышение достоверности информации.

На КП морских радиотехнических рот и в БИП военно-морских баз должны решаться задачи объединения и отождествления данных, поэтому устанавливаемые здесь ЦВМ прежде всего будут выполнять функции третичной обработки. Особенности третичной обработки будут определяться наличием различных зон перекрытия и необходимостью отождествления информации, получаемой от разнородных средств (РЛС, ГАС, и т. п.).

Автоматизация процесса отображения информации на экранах, табло и планшетах ГБИП, БИП должна предусматривать: повышение наглядности отображения обстановки в зоне действия средств БСН; повышение точности отображения; увеличение объема информации, одновременно предъявляемой на устройствах отображения; уменьшение времени решения задачи отображения; интеграцию и распределение информации между ШП и КП. Удовлетворение первых четырех требований зависит от характеристик применяемых технических средств (экранов, планшетов, табло и т. д.) и в некоторой степени от качества используемых алгоритмов. Последнее требование может быть удовлетворено за счет тщательной разработки специального математического обеспечения. Автоматизация БСН должна предусматривать также возможность передачи команд управления, сигналов и докладов.

2. Расчетная оценка составляющих вторичного гидроакустического поля МЦ

С точки зрения гидролокации корабль представляет собой

подкрепленную набором тонкую звукопрозрачную оболочку наружного корпуса, внутри которой находятся совокупности других отражающих элементов различной формы и размеров. К этим элементам относятся: прочный корпус, межкорпусной набор, выгородки, антенны ГАС и т.д. Вторичное гидроакустическое поле МЦ формируется за счет взаимодействия корпусных конструкций с падающей звуковой волной. Вторичное гидроакустическое поле может быть представлено в виде трех составляющих – зеркальной, диффузной, и незеркальной.

Основными источниками формирования зеркальной составляющей являются отражения звуковой энергии от: обшивки наружного корпуса и его элементов; прочного корпуса подводного объекта; крупногабаритных конструкций, расположенных снаружи корпуса; элементов межкорпусного набора. На высоких частотах локации или при больших толщинах корпуса уровень зеркальной составляющей в основном определяется размерами и внешними обводами корпуса. Само название зеркальной составляющей предполагает, что законы отражения звуковой энергии подчиняются законам оптики. Зеркальная составляющая когерентна. Она формируется зеркально отражающими элементами МЦ с учетом коэффициентов отражения путем энергетического суммирования.

Основными источниками формирования диффузной составляющей является рассеивание звуковой энергии на: многочисленных мелких элементах корпусного набора, расположенных за обшивкой наружного корпуса и его выступающих частях; акустически неоднородных частях обшивки наружного корпуса (подкрепления, приварыши, стыковые швы и т. д.); акустически неоднородных частях акустических покрытий; пузырьковой пелене в пограничном слое у корпуса и в кильватерной струе. Все эти причины вызывают отражение сигнала гидролокатора под равновероятными углами, т.е. создается диффузное поле, которое не имеет направленности. При отсутствии акустических покрытий на наружном корпусе основным источником диффузного отражения являются на низких частотах локации – рассеивание звуковой энергии на элементах межкорпусного набора, а на высоких частотах – рассеивание на неоднородностях обшивки наружного корпуса. При наличии акустических покрытий на наружном корпусе диффузное отражение формируется за счет рассеивания звуковой энергии на элементах межкорпусного набора и неоднородностях покрытий.

При движении МЦ со скоростями хода выше 12–14 уз диффузная составляющая определяется рассеиванием звуковой энергии на пелене пузырьков. Незеркальная составляющая вторичного гидроакустического поля обусловлена упругими колебаниями обшивки корпуса и шпангоутов под воздействием падающей звуковой волны. Такие колебания корпусных конструкций приводят к излучению акустической энергии, что увеличивает отраженный сигнал в приемнике гидролокатора. Уровень незеркального отражения увеличивается с увеличением толщины обшивки и частоты локации.

Таким образом, уровень вторичного гидроакустического поля подводного объекта (ПО) зависит от форм обводов и конструктивных особенностей корпуса и выступающих элементов, а также от применяемых противогидролокационных покрытий. Поэтому знание особенностей формирования вторичного гидроакустического поля и умение производить расчетную оценку отражающей способности ПО в процессе их проектирования дает возможность уменьшить эти параметры путем рационального изменения форм обводов и конструкции корпуса, рационального использования противогидролокационных покрытий [1, 2].

Методика справедлива для диапазона частот локации от 3 до 30 кГц.

### 3. Обнаружение целей гидроакустическими средствами

Наиболее полной исходной характеристикой шумности надводных

кораблей и подводных лодок, на основе которой может быть проведена **1** их

объективная сравнительная оценка **1** во всем диапазоне частот ГАП,

являются спектрограммы подводного шума. Однако в некоторых случаях,

особенно при оперативно-тактических расчетах, трудно использовать

спектрограммы. В оценке **1** эффективности ПО и расчетах дальности

действия гидроакустических комплексов целесообразнее использовать так

называемые приведенные значения подводного шума. Для имитационного

моделирования процесса распространения гидроакустических сигналов и

расчета эффективности применения гидроакустических средств авторы

предлагают разработанные ими программы [7–12].

Существующие специальные методики определения приведенных

значений [2], базируются на данных о конкретных корабельных

гидроакустических комплексах стоящих на вооружении стран НАТО

кораблей. Приведенными параметрами служат некоторые условные уровни **1**

шумности, пересчитанные к стандартным условиям по определенным

правилам. За стандартные условия в нашей стране и в странах НАТО

приняты – частота 1 кГц, полоса частот 1 Гц, расстояние от **2** МЦ 1 м.

Необходимость разработки специального способа приведения обусловлена

следующими факторами: спектр подводного шума **1** МЦ занимает широкий

интервал частот и спадает в **2** звуковом диапазоне с интенсивностью 6

дБ/октаву; спектр содержит значительное количество дискретных

составляющих в инфразвуковом и низком звуковом **1** диапазоне частот;

различными частотными диапазонами работы **2** неконтактных систем

оружия (НСО) и средств обнаружения; уровни подводного шума и вид

спектра зависят от полосы анализа и расстояния при измерениях.

Методики определяют приведенные уровни шума исходя из

максимальной дальности обнаружения гидроакустическими комплексами

[2, 3], по конкретным поддиапазонам их работы и с конкретными уровнями

помех. Это наглядно видно из уравнения шумопеленгования для

фиксированных частот **1**

$$r_i = 100,05 \beta_i r_i^1 A \beta_i r = 1,42 \cdot 10^{-2} S_i T_i \gamma P_{шП} f_i^{54} (1)$$

где – средняя частота  $i$ -го частотного поддиапазона станции, кГц; –

дистанция обнаружения цели в поддиапазоне станции, км; – площадь

приемной антенны, ; – время осреднения, с;  $\gamma$  – отношение

сигнал/помеха; – уровень помех станции на частоте, дин/см<sup>2</sup>;  $\beta$  –

коэффициент поглощения, дБ/км;  $A$  – фактор аномалии распространения

звука в море **1**; – уровень шума МЦ на частоте, дин/см<sup>2</sup>. **1**

В (1) все величины, кроме **1**, зависят от возможностей

гидроакустической станции или от закономерностей распространения

акустической энергии в море.

Указанные обстоятельства и многообразие **1** тактических ситуаций

приводят к появлению нескольких значений приведенных уровней

шумности **1** у одной и той же МЦ. Если это справедливо для оценки

дальности обнаружения, то для сравнительной оценки шумности кораблей

приведенные уровни не должны зависеть от параметров

гидроакустических комплексов. В то же время приведенные значения

шумности должны характеризовать боевую эффективность **1** МЦ, т.е.

определять возможности реагирования **1** НСО на первичное

гидроакустическое поле **1** МЦ.

Этим условиям удовлетворяют приведенные уровни шума в

широком спектре частот, соответствующих диапазону работы НСО и приведенные уровни максимальных дискретных составляющих спектра.

Эти параметры определяются расчетами из спектрограмм ПШК,

полученных для конкретных скоростей хода при измерениях на расстоянии

50 м от МЦ и в полосах частот 1/3 октавы. Такие спектрограммы

фиксируются в формулярах шумности как иностранных, так и отечественных кораблей.

#### 4. Расчет приведенных уровней ПШК

Приведенные уровни подводного шума кораблей (ПШК)

характеризуют дальности реагирования НСО, имеющих широкополосные приемные тракты. Эти системы работают в определенных диапазонах частот. Так, большинство корабельных гидроакустических комплексов работает в звуковом диапазоне частот от 200 Гц до 5-6 кГц по общему уровню шума, т. е. они как бы интегрируют до площади спектр подводного шума в этом диапазоне частот.

Поскольку спектры МЦ в звуковом диапазоне частот спадают с интенсивностью 6 дБ /октаву, то для интегрирования по площади части спектра достаточно определить уровень шума на среднегеометрической частоте этого диапазона частот. Для корабельных ГАК такой среднегеометрической частотой является 1 кГц.

Именно поэтому за стандартную частоту приведения принимается 1 кГц. Измерение ГАП обычно производится, на расстоянии 50 м от МЦ, но это расстояние может быть и другим. Для сопоставимости уровней шума принято производить перерасчет к стандартному расстоянию 1 м. При пересчете исходят из справедливости сферического закона распространения энергии в ближнем гидроакустическом поле. Тогда

$$L_{1 м} = L_{r м} + 20 \lg r_1, (2)$$

где  $L$  – уровень ПШК на расстоянии 1 м;  $L_{r м}$  – уровень ПШК на расстоянии  $r$  метров.

Спектрограммы в формулярах шумности кораблей даются в полосе анализа 1/3 октавы, но могут быть получены и в других полосах частот.

Поэтому выбирается стандартная полоса анализа  $\Delta f = 1$  Гц, к

которой приводятся любые спектры. Пересчет производится по формуле

$$L_{1 Гц} = L_{13 октавы} - 10 \lg \Delta f, (3)$$

где  $\Delta f$  – полоса анализа 1/3 октавного фильтра, в которую входит частота

1 кГц. Эта полоса равна  $\Delta f = 235$  Гц.

Порядок приведения ПШК производится следующим образом: На

спектрограмме подводного шума МЦ (например, линия 1, рис. 1) в

диапазоне частот от 250 Гц до 5 кГц проводится плавная кривая 4 по

средним значениям спектра, если имеются дискретные составляющие;

снимается уровень подводного шума на частоте 1 кГц, соответствующий

кривой 4. Например,  $L = 67$  дБ.

Производится пересчет ПШК, полученного на расстоянии 50 м от

МЦ к 1 м

$$L_1 = L + 20 \lg 50 = 67 + 34 = 101 \text{ дБ,}$$

т.е. поправка при пересчете составляет 34 дБ. Производится пересчет ПШК

из полосы частот 1/3 октавы к полосе частот 1 Гц

$$L_2 = L_1 - 10 \lg \Delta f = 101 - 24 = 77 \text{ дБ,}$$

т.е. поправка составляет 24 дБ при  $\Delta f$  фильтра 235 Гц. По таблице

соответствия уровней звука в децибелах и звукового давления в динах на

сантиметр в квадрате определяется величина приведенного ПШК:  $= 77$  дБ

соответствует  $= 1,4$  дин/см<sup>2</sup>.

Рис. 1. Вариант спектрограммы подводного шума МЦ

Отметим, что этот параметр характеризует ГАП МЦ для ситуаций,

когда работают корабельные гидроакустические комплексы в широком спектре частот. Такая оценка приведенного уровня ПШК не учитывает режимы работы комплексов в различных поддиапазонах, как предлагают разработанные ранее методики.

#### 5. Расчет приведенных уровней максимальных

дискретных составляющих

Стандартными условиями приведения дискретных составляющих

приняты – частота дискретной составляющей и расстояние 1 м от МЦ,

которое пересчитывается по (2). Приводить дискретные составляющие к полосе анализа 1 Гц не нужно, поскольку они располагаются в узкой полосе и при изменении полосы анализа практически не изменяют свои уровни. Порядок приведения уровней дискретных составляющих производится следующим образом.

1. На спектрограмме снимается уровень дискретной составляющей,

например, на частоте 25 Гц (линии 1 рис. 1),  $L=108$  дБ ;

2. Далее производится пересчет уровней дискретной составляющей

от расстояния 50 м к 1 м

$L_1 = L + 20 \lg 50 = 108 + 34 = 142$  дБ.

3. По таблице соответствия определяется величина звукового

давления, равная 142 дБ. Эта величина и является приведенным уровнем

дискретной составляющей, которая равна  $=2517$  дин / см<sup>2</sup>.

Видно, что в узкой полосе частот дискретная составляющая несет

большую акустическую энергию. Именно поэтому гидроакустические

комплексы, имеющие узкую полосу анализа, обнаруживают корабли на

больших расстояниях по дискретным составляющим. Таким образом,

приведенные уровни дискретных составляющих характеризуют

скрытность по отношению к стационарным ГАС.

Расчеты уровней дискретных составляющих производятся как

указано в работах [2–5] и при помощи данных табл. 1.

Таблица 1

Расчет уровней дискретных составляющих

$L$  (1/3 октавы; 50 м), дБ 60 62 64 66

(1 кГц; 1 м; 1 Гц), дин/см<sup>2</sup> 2 0,632 0,796 1,0 1,26

(; 1 м), дин/см<sup>2</sup> 10,02 12,6 15,9 20

$L$  (1/3 октавы; 50 м), дБ 68 70 72 74 76

(1 кГц; 1 м; 1 Гц), дин/см<sup>2</sup> 1,58 2,0 2,52 3,17 3,99

(; 1 м), дин/см<sup>2</sup> 25,2 31,7 39,9 50,2 63,2

$L$  (1/3 октавы; 50 м), дБ 78 80 82 84 86

(1 кГц; 1 м; 1 Гц), ин/см<sup>2</sup> 5,02 6,32 7,96 10,0 12,6

(; 1 м), дин/см<sup>2</sup> 79,6 100,2 126,2 158,9 200

$L$  (1/3 октавы; 50 м), дБ 88 90 92 94 96

(1 кГц; 1 м; 1 Гц), дин/см<sup>2</sup> 15,9 20 25,2 31,7 39,9

(; 1 м), дин/см<sup>2</sup> 251,8 317 399 502,4 632,5

$L$  (1/3 октавы; 50 м), дБ 98 100 102

(1 кГц; 1 м; 1 Гц), дин/см<sup>2</sup> 50,2 63,2 79,6

(; 1 м), дин/см<sup>2</sup> 796,2 1002,4 1261,9

#### 6. Помехи работе собственным гидроакустическим станциям

Корабельные помехи работе собственным ГАС разделяют на два типа:

электрические и акустические. Электрическими называются помехи,

которые формируются из шумов электрических процессов в схемах ГАС, а

также корабельными электрическими и электромагнитными полями.

Уровни электрических помех и наводок на нормально работающей ГАС

обычно значительно ниже помех от других источников. Однако в ряде

случаев, при воздействии электромагнитных наводок от электрооборудования, уровни электрической помехи могут быть соизмеримы с уровнями акустических помех. На малых скоростях хода МЦ повышенные электрические помехи затрудняют определение составляющих акустических помех.

Основными являются акустические помехи работе ГАС, вид спектра которых зависит от подводного шума МЦ, виброакустических характеристик механизмов и места установки антенны. Исходя из физики образования, различают следующие составляющие акустической помехи: шумовая; вибрационная; структурная; гидродинамическая.

Шумовая составляющая представляет собой ближнее первичное гидроакустическое поле МЦ. Корпусные конструкции, винты, механизмы и системы излучают в воду акустическую энергию, которая проникает в камеру обтекателя антенны и вызывает колебания ее элементов. Этот процесс и создает шумовую помеху.

При расчете шумовой составляющей помехи учитывают шумоизлучение гребных винтов, от вибраций главных механизмов и вспомогательных механизмов, расположенных на корпусе и переборках в отсеках вблизи обтекателя антенны. Результаты расчета соответствуют полосе анализа 1/3 октавы. Уровни шумовой составляющей помехи [1, 2] определяются по формуле

$$L = L_i - \sigma + 20 \lg 50l_i \text{ дБ, 4}$$

где  $L_i$  – уровни акустического давления от источников (гребные винты и механизмы) на расстоянии 50 м от МЦ;  $l_i$  – расстояние между точкой излучения и точкой приема в камере обтекателя, измеренное параллельно продольной оси прочного корпуса;  $\sigma$  – дифракционная поправка.

Уровни акустического давления от гребных винтов и корабельных механизмов рассчитываются по формулам, приведенным в предыдущих главах. В случае определения помехи от вибраций механизмов расстояние берется от средней точки района расположения механизма или переборки, на которой расположен механизм.

Дифракционная поправка  $\sigma$  учитывает явления в распространении акустической энергии при отсутствии прямой видимости между источником и приемником. В случае прямой акустической видимости  $\sigma = 0$ . Если прямая, проведенная от источника шума к приемнику, пересекает

незвуконепрозрачные элементы корпуса МЦ, то  $\sigma$  зависит от геометрических размеров корпусных конструкций и места расположения источника. Уровни помехи от вибрации механизмов на частоте  $f$  кГц, в полосе частот  $\Delta f$  при ненаправленном приеме равны

$$L_i = 4,2 \cdot 10^{-3} \xi S \Delta f l_i h f, (5)$$

где  $\xi$  – среднее ускорение вибраций на лапах механизма на частоте  $f$  в 1/3 октавной полосе частот,  $m/c^2$ ;

$S$  – площадь проекции фундамента механизма на горизонтальную плоскость,  $m^2$ ;  $h$  – средняя толщина обшивки корпуса корабля в районе расположения механизмов,  $m$ ;  $l_i$  – расстояние между центром тяжести площади под фундаментом механизма и приемником,  $m$ .

Суммарное значение уровня помех от  $n$  механизмов определяется путем энергетического суммирования помех от каждого механизма

$$L_{\text{м.ш}} = i = 1 n P_i^2. (6)$$

Уровни шумовой помехи от излучения гребными винтами равны

$$L_{\text{в.ш}} = 2 \cdot 10^{-2} D^3 u z m l \Delta f f, (7)$$

где  $D$  – диаметр гребного винта,  $m$ ;  $u$  – скорость МЦ, уз;  $z$  – число лопастей гребного винта;  $m$  – число гребных винтов;  $l$  – расстояние от центра гребного винта до приемника,  $m$ .

Вибрационная составляющая помехи образуется за счет прилегающих



к антенне корпусных конструкций и оболочки обтекателя. Колебания оболочки обтекателя возникают вследствие передачи на нее вибраций от корпусных конструкций в местах креплений. В результате этих колебательных процессов в камере обтекателя создается акустическое давление, которое антенна воспринимает как полезный сигнал.

Поэтому расчетная схема оценки вибрационной составляющей помехи должна предусматривать оценку затухания вибраций при их распространении по корпусным конструкциям, оценку эффекта виброизоляции узлов соединений обтекателя с корпусом и оценку излучения оболочки обтекателя. Уровни вибраций в расчетной точке корпуса МЦ при расположении механизма на прочном корпусе можно определить по формуле

$$\xi_{k2} = \xi_2 A_f a_1 r \cdot 10^{-\alpha_1 r_1 - a_2 r_1} \cdot 10^{-\alpha_2 r_2 - \beta_2 r}, \quad (8)$$

где  $a, \beta$  – размеры фундамента механизма вдоль и поперек корпуса соответственно;  $A_f$  – виброизоляция амортизаторов и фундамента; – эквивалентный радиус фундамента механизма,

$$a_1 = a \cdot \nu;$$

– длина шпации;  $r$  – расстояние от геометрического центра фундамента до расчетной точки;  $r_1$  – проекции  $r$  на ось корабля и контур шпангоута соответственно;  $r_2$  – величины пространственного затухания вибрации на одном метре при распределении вдоль  $r$  поперек корпуса соответственно.

В случае размещения механизмов на переборках и настилах

необходимо учитывать не только волны изгиба, но также величину виброизолирующего эффекта при прохождении вибраций через соединение этих конструкций с корпусом

$$VI = 1 - 0,8 + 5 \lg f \lg h_2 h_1,$$

где  $h_1$  – толщина корпуса;  $h_2$  – толщина переборки или настила.

Уровни вибраций в расчетной точке корпуса будут равны:

– в случае установки механизма на переборке

$$\xi_{k2} = \xi_2 A_f a_1 r \cdot 3c r_2 - a + a_1 R c R - a \cdot VI \cdot 10^{-\alpha_1 r_4 l_1}; \quad (9)$$

– в случае установки механизма на настиле

$$\xi_{k2} = \xi_2 A_f a_1 r \cdot 3c r_2 - a + S_f S_{nc} 0,5 S_n - S_f \cdot VI \cdot 10^{-\alpha_1 r_4 l_1} 10^{\alpha_2 r_5}. \quad (10)$$

Кроме обозначений, указанных в (8), в последних формулах

обозначают:

$R$  – радиус прочного корпуса в местах установки переборок;  $i$  – площадь участка настила, где установлен механизм, ограниченная вертикальными переборками, а также площадь участка настила под фундаментом;

$$c = 10 - 0,2 k_1 r_1,$$

– волновое число изгибных волн переборки или настила;  $k_1$  – коэффициент потерь в материале переборок или настила;  $r_1$  – расстояние от кромок переборки (настила) до геометрического центра фундамента механизма;  $r_2$  – расстояние от расчетной точки на корпусе до кромки переборки (настила), на которой установлен механизм;  $r_3$  – проекции на ось корпуса и шпангоута кратчайшего расстояния от расчетной точки на корпусе до кромки переборки (настила) соответственно.

Оценка виброизоляции узла соединений обтекателя камеры с корпусом корабля исходит из того, что виброизолирующий эффект зависит от величины промежуточной массы, свойств материала и величины момента инерции поперечного сечения. Следовательно,

$$VI = 10 \lg k_i \mu_2 k_{i0}, \quad (11)$$

где  $k_i$  – волновое число изгибных волн в пластинах обшивки корпуса;  $k_{i0}$  – волновое число изгибных волн в промежуточной прокладке узла крепления;

$\mu$  – коэффициент, равный отношению массы единицы длины

промежуточной прокладки к массе единицы длины обшивки корпуса.

Уровень вибрационной составляющей помехи, который зависит от излучения оболочки обтекателя, определяется по формуле

$$L_{v2} = 14 \lambda \lambda^2 m_0 f^2 S_{яг} \xi k_2 - \text{ВИ} \gamma r_2 l r + \gamma v_2 l v, \quad (12)$$

где  $\lambda$  – длина изгибных волн в обшивке обтекателя;  $\lambda$  – длина волны,

соответствующая частоте  $f$ ;  $\gamma$  – уровни вибрации обшивки корпуса,

определяемые по (8) – (10); ВИ – виброизолирующий эффект

соединительного узла, определяемый по (11);  $m_0$  – масса единицы площади

обшивки обтекателя с учетом присоединенной массы воды;  $f$  – частота, на

которой производится расчет помехи;  $S_{яг}$  – площадь элементарной ячейки

обшивки обтекателя между ее ребрами;  $r$  – длина горизонтальных и

вертикальных ребер обтекателя соответственно;

$$\gamma^2 = 8 \alpha_0^2 \alpha_0^2 + 4 \alpha_0 + 8, \quad \alpha_0 = M m_0 \lambda^2 \pi \lambda,$$

$M$  – масса горизонтальных или вертикальных ребер обтекателя.

Структурная составляющая помехи образуется в результате вибрации

элементов антенны. Антенна крепится или к корпусу корабля, или к

обтекателю. Следовательно, вибрации корпусных конструкций в местах

крепления передаются на нее. Таким образом, структурная составляющая

помехи представляет собой эквивалент электрического сигнала,

возникающего вследствие вибрации приемных элементов.

Для определения величины структурной составляющей помехи

необходимо знать уровни вибраций корпусных конструкций в районе

установки приемников, а также виброчувствительность приемника к

вибрации и чувствительность его к воздействию акустического поля.

Последние два параметра определяются экспериментально для конкретных

конструкций приемников, в зависимости от применяемых в них

материалов. Уровни вибраций в районе размещения приемников

определяются по уравнениям (8) – (10).

При использовании различных средств виброизоляции приемников

антенн их эффективность определяется экспериментальным путем или

расчетом по формулам, аналогичным приведенным ранее. Необходимость

применения средств виброизоляции приемников устанавливается из

сопоставления уровня структурной составляющей с уровнями других

составляющих помех.

Уровень структурной составляющей определяется по формуле

$$L_c = \xi k + A \xi - A_p - \Delta + 44 \text{ дБ}, \quad (13)$$

где  $\xi$  – виброчувствительность приемников;  $A$  – чувствительность

приемников к акустическому давлению;  $\Delta$  – величина перепада вибрации

на узле крепления антенны.

Гидродинамическая составляющая помехи является результатом

воздействия набегающего потока на оболочку обтекателя при движении

МЦ. Эту составляющую помехи разделяют на две в соответствии с

природой возникновения.

Первой является гидродинамическая турбулентная помеха,

обусловленная шумоизлучением оболочки обтекателя под действием

пульсирующих давлений в турбулентном пограничном слое, а второй –

гидродинамическая кавитационная помеха, вызванная кавитацией на

обтекателе.

Уровни гидродинамической кавитационной помехи зависят от

скорости хода корабля. Шум от кавитации на обтекателе становится

определяющим только на больших скоростях хода и определяется

экспериментальным путем.

Оценка уровня гидродинамической турбулентной помехи

производится на основании определения интенсивности внешних сил, как

источников помехи, и излучения оболочки обтекателя под действием этих

сил. Расчет спектральных характеристик источников турбулентной помехи может быть произведен, если известны средняя скорость потока на границе пограничного слоя над оболочкой обтекателя, толщина вытеснения пограничного слоя в рассматриваемом сечении  $\delta$  и показатель степени степенного закона в зоне обратного градиента среднего давления  $\nabla$ , т.е. когда средняя скорость на границе пограничного слоя убывает.

Эти параметры получаются в результате специального гидродинамического расчета для обтекателей простых форм. Обтекатели корабельных ГАС обычно имеют сложную форму и их исследование проводят на специальных моделях. Для приближенной оценки турбулентной составляющей помехи, что справедливо в большинстве случаев эскизных проработок, можно рассматривать плоское безградиентное обтекание. Тогда  $\nabla = 0$ , равна скорости хода корабля, а  $\delta = 0,02 \cdot x \cdot u \cdot \nu^{-1/2}$ ,

где  $x$  – продольная координата, отсчитываемая от носа обтекателя вдоль его контура;  $u$  – скорость хода корабля;  $x$  – продольная координата, отсчитываемая от носа обтекателя вдоль его оси;  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости воды,

$$\nu = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Спектральная плотность пульсаций давлений, действующих на обшивку обтекателя, определяется по формуле

$$P_{\omega} = 3,16 \cdot 10^{-5} \rho^2 u^3 \delta^{-1} + 3,85 \omega \delta u^2.$$

Уровень звукового давления, обусловленный излучением оболочки обтекателя от действий точечных сил, равен

$$L_{T12} = k^2 P_{\omega} S_0 / 16 \pi r^2,$$

где  $k$  – волновое число;

$$S_0 = 0,17 u^2 f^2.$$

Уровень звукового давления, обусловленный получением ребер оболочки обтекателя, определяется по формуле

$$L_{T22} = \lambda \mu \gamma^2 l^2 + \nu \delta^2 l^2 \nu^2 \eta^2 L_{T12}.$$

В этом уравнении кроме обозначений, указанных в (12),  $\eta$  – коэффициент потерь в материале обтекателя.

Квадрат среднеквадратичного уровня турбулентной помехи равен сумме квадратов ее составляющих:

$$L_{T2} = L_{T12} + L_{T22}.$$

Поскольку источники помехи излучают шумы и вибрации независимо друг от друга и излучение каждого из источников носит случайный характер, то суммарный уровень помехи в полосе 1 Гц определяется по

формуле

$$L_P = L_{\Sigma 2} + L_{B2} + L_{C2} + L_{T2}.$$

Расчеты производятся для нескольких частот спектра в диапазоне частот работы станции.

Снижение уровней составляющих помех работе ГАС в каждом случае требует применения своих специфических средств, которые базируются на уменьшении шума и вибрации как в источнике, так и на пути их распространения. Для этого необходимо хорошо знать физическую природу возникновения помех.

7. Метод формирования и редукции обучающих выборок большого объема для системы многомерной классификации морских целей

Первый этап. Задаем выборку  $X = \langle x, u \rangle$ .

Второй этап анализируется собственно характеристика выборки.

Определяется  $j$  –  $\max$  и  $\min$  значения  $j$ -го признака,  $j = 1, 2, \dots, N$ .

Определяется число интервалов для каждого значения:  $k = K / N$ , и длины интервалов:  $\Delta = S / k$ .

Третий этап – это расчет обобщенных признаков. (для каждого  $s$ -го

экземпляра,  $s=1,2,\dots,S$ ): необходимо определить – номер интервала значений по каждому  $j$ -му признаку,  $j=1,2,\dots,N$ , включая  $s$ -й экземпляр  $k_j = 1 + x_{js} - x_{j \min}^j$ ;

произвести расчет координаты  $s$ -го экземпляра по обобщенной оси

$$l_s = j = 1 + N k_j - 12 + 1 \pi \arccos s = 1 + N k_j N j = 1 + N k_j^2.$$

что позволит отобразить выборку на ось  $l$  (при этом произойдет потеря части информации вследствие неявного квантования пространства признаков при преобразовании (4)).

Четвертый этап – анализ оси. Формируется набор кортежей  $l =$ .

Расставляются набор  $l$  в порядке неубывания значений. анализируя ось по увеличению значений, определяются граничные значения интервалов  $<$ ,  $>$ , (номер класса остается неизменным), где, –левое и правое значения  $q$ -го интервала оси. Обозначим: – как номер класса, принадлежащий  $q$ -му интервалу обобщенной оси; – число интервалов оси.

Пятый этап – анализ характеристик. Для каждого  $q$ -го интервала оси,  $=1,2,\dots$ , определяем – число экземпляров, и их номера.

Шестой этап – формирование непосредственно выборки. Из

экземпляров  $q$ -го интервала включить в выборку все его класса, на одной из границ интервала

$$X^* = X^* \cup \langle x_s, y_s \rangle | y_s = K_q, x_s = l_q \vee x_s = r_q, s = 1, 2, \dots, S, \\ q = 1, 2, \dots, k_l;$$

его класса, ближайшие к одной из границ интервала:

$$X^* = X^* \cup \langle x_s, y_s \rangle | y_s = K_q, x_s - l_q < \alpha \vee r_q - x_s < \alpha, 0 < \alpha < 1, s = 1, 2, \dots, S, q = 1, 2, \dots, k_l,$$

где  $\alpha$  – пороговый коэффициент, настраивающий близость экземпляров к границам интервала (например –  $\alpha = 0,1$ ); интервалов с малым числом экземпляров:

$$X^* = X^* \cup \langle x_s, y_s \rangle | y_s = K_q, l_q \leq x_s \leq r_q, S_q < \beta S, s = 1, 2, \dots, S, q = 1, 2, \dots, k_l,$$

где  $\beta$  – некоторый пороговый коэффициент,  $0 < \beta < 1$  (например, можно задать:  $\beta = 0,1$ ); – среднее число экземпляров в интервале  $\max$  и  $\min$  обобщенной оси.

Седьмой этап – устранение избыточности выборки. Определяем расстояния между всеми экземплярами, вошедшими в обучающую выборку, написав матрицу расстояний  $R$  (для ускорения проведения вычислений будем оперировать квадратами расстояний):

$$R_{s,p} = j = 1 + N x_{js} - x_{jp}, s = 1, 2, \dots, S^*, p = 1, 2, \dots, S^*.$$

Заметим, что  $R = R^T$ , а  $R = 0$ .

До тех пор, пока  $\exists R > 0, g \neq p$ , выполнять в цикле действия:

найти в матрице расстояний два экземпляра с наименьшим расстоянием между собой (3):

$$g, p = \arg \min_{g=1,2,\dots,S^*, p=g+1,\dots,S^*} R_{g,p} | R_{g,p} \geq 0;$$

если два ближайших экземпляра принадлежат к одному и тому же классу, то оставить в обучающей выборке только тот из них, который находится ближе к экземплярам других классов, а другой исключить из нее (3)

$$X^* = X^* / \langle x_q, y_q \rangle, q = \arg \max_{R_{g,q}, R_{p,q}} | y_g = y_p,$$

$$qg = \arg \min_{s=1,2,\dots,S^*, s \neq g} R_{g,s} | y_g \neq y_s, R_{g,s} \geq 0,$$

$$q_r = \arg \min_{s=1,2,\dots,S^*, s \neq p} R_{p,s} | y_p \neq y_s, R_{p,s} \geq 0.$$

Корректируем элементы матрицы  $R$ , установив:  $R = R - 1$ ; если два

ближайших экземпляра принадлежат к разным классам, то перейти к выполнению этапа дополнения (уточнения) обучающей выборки (3).

Восьмой этап дополнения (уточнения) выборки. Определить разность исходной и сформированной выборок

$$X' = X / X^*.$$

Последовательно для каждого  $q$ -го экземпляра  $<$ ,  $>$  выборки,  $=1,2,\dots$ ,

относительно экземпляров сформированной выборки найти расстояние

(квадрат расстояния) от него до каждого экземпляра **3** выборки :

$$R^* s', s^* = j=1 N x j s'-x j s^* 2;$$

если ближайший к -му экземпляру экземпляр сформированной выборки

принадлежит к другому классу, то включить его в выборку **3** :

$$X^* = X^* \cup \{x^i, y^i\} \mid y^i \neq y^j, q = \arg \min_{i=1, 2, \dots, S^*} R^* s', s^* .$$

В результате выполнения данного метода для X получим обучающую выборку, обладающую основными необходимыми свойствами исходной выборки. При этом из исходной выборки возможно получить тестовую выборку.

#### 8. Эксперименты и результаты **4**

Для экспериментальной проверки работоспособности предложенного

метода **4** были разработано следующее программное обеспечение:

программа имитации сигнала шумоизлучения подводных лодок на различных режимах движения (No 2018613558 РФ. Оpubл.16. 03. 2018.); специализированный нейросетевой комплекс классификации зашумленных сигналов морских целей (No 2018619739 РФ. Оpubл. 10.08.2018.); специализированный нейросетевой пакет для решения задач распознавания морских целей (No 2018619799 РФ. Оpubл. 13.08.2018.); программный комплекс моделирования и обучения ИНС (No 2019611455 РФ. Оpubл. 28.01.2019.); программа проектирования и обучения искусственных нейронных сетей перцептронного типа (No 2019611559 РФ. Оpubл. 29.01.2019.), с помощью которых проводились эксперименты по сокращению объема выборок данных для различных практических задач **4** [1, 2, 4-6].

Результаты проведенных экспериментов подтвердили

работоспособность и практическую применимость предложенного метода, а также реализующего его программного обеспечения **3** .

Заключение

В работе предложено новое решение актуальной научно-практической задачи формирования выборок для автоматизации классификации данных.

Научная новизна результатов работы заключается в том, что впервые **3** предложен метод формирования **4** **3** выборок, который обеспечивает сохранение в сформированной подвыборке важнейших **4** топологических свойств исходной выборки, не требуя при этом загрузки в память ЭВМ исходной выборки, а также многочисленных проходов по исходной выборке, что позволяет существенно сократить объем выборки и существенно уменьшает требования к ресурсам ЭВМ.

Практическая значимость результатов работы состоит в том, что разработано программное обеспечение, реализующее предложенный метод формирования и редукции выборок, а также проведены эксперименты по их исследованию при решении практических задач, результаты которых позволяют рекомендовать разработанный метод для использования на практике при решении задач **4** , выполняемых системой обнаружения и классификации МЦ.

Использование предложенного метода позволяет в среднем в 10 раз сократить объем выборки, **3** не требуя при этом загрузки в память ЭВМ исходной выборки, а также многочисленных проходов по исходной выборке, что существенно снижает требования к ресурсам ЭВМ, обеспечивая при этом сохранение в сформированной подвыборке важнейших для последующего анализа **4** свойств исходной выборки **5** .

Дальнейшие исследования могут быть сосредоточены на разработке новых способов формирования описаний **3** «портретов» МЦ в виде **3** обобщенных показателей **3** и распределенной обработки данных.

Список источников и литературы:

1. Пятакович В.А., Василенко А.М., Хотинский О.В. Нейросетевые технологии в интеллектуальных системах обнаружения и оперативной идентификации морских целей: монография. – Владивосток: Морской гос. ун-т им. Г. И. Невельского, 2018. – 263 с.
2. Пятакович В.А. Система классификации морских целей на базе нейросетевых технологий / Морские интеллектуальные технологии. – СПб.: 2018. No 4 (42) Том 5. С. 169–176.
3. Пятакович В.А., Василенко А.М. Перспективы и ограничения использования геометрических методов распознавания акустических образов морских объектов применительно к задаче управления нейросетевой экспертной системой // Фундаментальные исследования . – 2017. – No 7 – С. 65–70.
4. Пятакович В.А., Василенко А.М., Мироненко М.В. Обучение нейронной сети как этап разработки экспертной системы для классификации источников физических полей при мониторинге акваторий // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2017. – No 3(32). – С. 138–149. DOI.org / 10.5281 / zenodo.897021.
5. Пятакович В.А., Василенко А.М., Рычкова В.Ф. Интеллектуальная система нейросетевой классификации морских целей // Морские интеллектуальные технологии. – СПб.: 2018. No 2 (40) Том 2. С. 115–120.
6. Патент No 2681242 РФ Интеллектуальная система обнаружения и классификации морских целей: / Пятакович В.А. Оpubл. 05.03.19.
7. Программа расчета и анализа параметров гидроакустического поля «Дальность»: А. с. No 2003611941 РФ / Василенко А.М., Малиновский В.Э., Алюшин Д.А.; 2003.
8. Расчет лучевой картины: А. с. No 2016616822 РФ. / Пятакович В.А., Василенко А.М., Алексеев О.А.; 2016.
9. Расчет характеристики направленности гидроакустической антенны для обеспечения распознавания и классификации признаков информационных полей морских технических объектов : А. с. No 2017619627 РФ. / Пятакович В.А., Василенко А.М., Алексеев О.А.; 2017.
10. Программно-аналитический комплекс определения направления на морскую цель по вторичному гидроакустическому полю : А. с. No 2018612169 РФ. РФ. / Пятакович В.А., Василенко А.М.; 2018.
11. Программно-вычислительный комплекс имитационного моделирования морской информационной ситуации при идентификации целей: А. с. No 2018612944 РФ. РФ. / Пятакович В.А., Василенко А.М.; 2018.
12. Программный комплекс моделирования и обучения ИНС: А. с. No 2019611455 РФ. РФ. / Пятакович В.А., Василенко А.М., Пятакович Н.В.; 2019.