

Федеральное агентство по рыболовству  
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», г. Керчь  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», г. Калининград  
ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», г. Владивосток  
ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург  
НАО «Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова», г. Актау  
ФГКВОУ ВПО «Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды училище имени адмирала П.С. Нахимова» в г. Севастополь  
Филиал ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова» в г. Севастополь  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь  
ГБПОУ РК «Керченский морской технический колледж», г. Керчь  
«Ейский морской рыбопромышленный техникум», г. Ейск  
Филиал ФГБУ «АМП Черного моря» в г. Керчь



## **Теория и практика обеспечения навигационной безопасности на морских путях и в районах промысла**

**Материалы I Национальной научно-практической конференции**

**11 – 12 июня 2021 г.  
г. Керчь**

**УДК 001(063):378:656.61.052**  
**ББК 72+74.58+39.47**

В сборнике опубликованы материалы докладов участников I Национальной научно-практической конференции «Теория и практика обеспечения навигационной безопасности на морских путях и в районах промысла», которая проходила 11 – 12 июня 2021 г. на базе ФГБОУ ВО «КГМТУ».

Работы охватывают узкий круг вопросов: обмен опытом научных исследований в области навигационной безопасности мореплавания и промысла.

#### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Масюткин Е.П. – председатель редакционной коллегии, канд. техн. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «КГМТУ»; Логунова Н.А. – д-р экон. наук, доцент; Доровской В.А. – д-р техн. наук, профессор; Попова Т.Н. – д-р пед. наук, профессор; Гадеев А.В. – д-р. филос. наук, профессор; Назимко Е.И. – д-р техн. наук, профессор; Голиков С.П. – канд. техн. наук, доцент; Ивановский Н.В. – канд. техн. наук, доцент; Ениватов В.В. – канд. техн. наук, доцент; Пазынич Г.И. – канд. техн. наук, доцент; Битютская О.Е. – канд. техн. наук, доцент; Кулиш А.В. – канд. биол. наук, доцент; Панов Б.Н. – канд. геогр. наук; Серёгин С.С. – канд. экон. наук, доцент; Скоробогатова В.В. – канд. экон. наук, доцент; Черный С.Г. – канд. техн. наук, доцент; Кручина О.Н. – канд. пед. наук, доцент; Ивановская А.В. – канд. техн. наук, доцент; Богатырева Е.В. – канд. техн. наук, доцент.

#### **ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ**

Ивановский Н.В., канд. техн. наук, доцент, декан морского факультета (ФГБОУ ВО «КГМТУ», г. Керчь); Иманкулов Т. С., д-р. филос. наук, вице-президент по исследованиям и развитию НАО «КУТИ имени Ш. Есенова», г. Актау; Гринкевич А.П., канд. воен. наук, доцент, контр-адмирал, начальник ФГКВООУ ВПО «Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды училище имени адмирала П.С. Нахимова», г. Севастополь; Корнилову Ю.П., канд. полит. наук, начальник ФГБОУ ВПО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова», г. Севастополь; Бурков Д.В., канд. техн. наук, доцент, директор Морского института (ФГАОУ ВО «СГУ», г. Севастополь); Бондарев В.А., д-р техн. наук, профессор, декан судоводительского факультета (ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград); Подпорин С.А., канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой судовождения и безопасности судоходства (ФГАОУ ВО «СГУ», г. Севастополь); Масленников Е.А., директор (ГБПОУ РК «КМТК», г. Керчь); Ермаченкова О.Д., директор (ЕМРПТ ФГБОУ ВО "АГТУ"), г. Ейск; Селезнев С.Н., капитан порта Керчь, филиал ФГБУ «АМП Черного моря» в г. Керчь; Святский В.В., преподаватель кафедры судовождения и промышленного рыболовства (ФГБОУ ВО «КГМТУ», г. Керчь).

#### **Рекомендовано к публикации Научно-техническим советом ФГБОУ ВО «КГМТУ» (протокол № 5 от 25.06.2021 г.)**

Теория и практика обеспечения навигационной безопасности на морских путях и в районах промысла [Электронный ресурс]: материалы I Национальной научно-практической конференции (Керчь, 11 – 12 июня 2021г.). / под общ. ред. проф. Е. П. Масюткина; Федеральное агентство по рыболовству; Керченский государственный морской технологический университет; Калининградский государственный технический университет [и др.]. – Электронные текстовые данные. - Керчь: КГМТУ, 2021. – 153 с. Режим доступа: [http://www.kgmtu.ru/documents/nauka/Navigational\\_safety\\_12\\_06\\_2021.pdf](http://www.kgmtu.ru/documents/nauka/Navigational_safety_12_06_2021.pdf), свободный – Загл. с экрана.

© ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2021

© Участники I Национальной научно-практической конференции, проведенной ФГБОУ ВО «КГМТУ» в период 11 – 12 июня 2021 г.

ISBN 978-5-6046628-3-0

## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| 1. Рязанова Т.В.<br>ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОМЫСЛА<br>РОССИЙСКИМИ СУДАМИ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ.....  | 5  |
| 2. Половцев В.С., Соколова М.И., Ломоносов С.Е., Душко В.Р.<br>АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ НА КАЧЕСТВО<br>ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ<br>СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ .....                                      | 13 |
| 3. Савенко П.С., Пащенко Ю.В.<br>АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАНЕВРОВ «ЧЕЛОВЕК ЗА БОРТОМ»<br>С ПОМОЩЬЮ НАВИГАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА<br>NAVI-TRAINER 5000 .....   | 18 |
| 4. Ермаков С.В.<br>КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕФРАКЦИОННОЙ ПОГРЕШНОСТИ<br>ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ НАХОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТА ПРОМЫСЛА<br>ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ .....  | 24 |
| 5. Половцев В.С., Мишина К.Ю., Ломоносов С.Е., Макаров В.К.<br>РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОННОЙ<br>НАВИГАЦИИ ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ СТРОЯ ОТДЕЛЬНЫХ<br>НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ В<br>АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ..... | 33 |
| 6. Ивановский А.Н.<br>РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ СУДНА<br>С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....   | 37 |
| 7. Кикалова Т.С.<br>ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ<br>В МОРСКОМ ПОРТУ ЕЙСК.....   | 43 |
| 8. Бендус И.И.<br>ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ПОНЯТИЯ «CONFIDENTIAL»<br>В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ СУДНА .....  | 49 |
| 9. Полтавский С.В.<br>ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ<br>ЭКНИС .....  | 56 |
| 10. Ломоносов С.Е., Соколова М.И., Мишина К.Ю., Половцев В.С.<br>РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ<br>БЕЗОПАСНОГО СУДОВОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ<br>АРКТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ .....                               | 62 |
| 11. Новоселов Д.А.<br>АКТУАЛЬНОСТЬ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ НАВИГАЦИИ,<br>ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В<br>СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЯХ .....   | 68 |

|  |     |
|--|-----|
| 12.Мишина К.Ю., Половцев В.С., Ломоносов С.Е., Шевченко Н.В.<br>РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАВИГАЦИОННОЙ<br>БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ НА СЕВЕРНОМ МОРСКОМ ПУТИ.....             | 74  |
| 13.Волков А.А., Святский В.В.<br>АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ<br>АВАРИЙ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....   | 81  |
| 14.Горячев И. С., Святский В. В., Ивановский Н. В.<br>РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ПОСАДКИ СУДНА НА МЕЛЬ ПРИ<br>ПРОХОДЕ СТЕСНЕННЫХ АКВАТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ<br>КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА ..... | 87  |
| 15.Пазынич Г.И.<br>АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТОВ И ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ<br>ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ .....  | 95  |
| 16.Пазынич Г.И., Святский В.В.<br>ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ<br>КОМПЕТЕНЦИЙ СУДОВОДИТЕЛЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ<br>СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН .....                 | 117 |
| 17.Подпорин С.А., Холопцев А.В.<br>АСОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ И<br>СПЛОЧЕННОСТИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА ВОДНЫХ ПУТЯХ<br>АРКТИКИ .....                            | 132 |
| 18.Виноградов В. Н., Ивановский Н. В.<br>СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНОГО (ПОЛИНОМИАЛЬНОГО) АЛГОРИТМА<br>УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ<br>СУДОВОЖДЕНИЯ.....              | 143 |
| 19.Тищенко М.С., Святский В.В., Ивановский Н. В.<br>ОЦЕНКА РИСКА РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ, ЗАНЯТЫХ ЛОВОМ<br>РЫБЫ ТРАЛОМ.....  | 148 |

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОМЫСЛА РОССИЙСКИМИ СУДАМИ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

**Аннотация:** В статье рассматриваются проблемы развития промысла водных биоресурсов отечественным добывающим флотом в различных районах мирового океана и экономических зонах иностранных государств. Промысел вне национальных экономических зон нашего государства является важной частью национальной морской доктрины и приоритетом для отечественного рыболовства на ближайшие десятилетия. Решать задачу увеличения океанического промысла предлагается за счет постройки новых добывающих судов, расширения научно-исследовательских работ.

**Ключевые слова:** промысел, мировой океан, добывающие суда, исключительные экономические зоны.

**Abstract:** The article discusses the problems of the development of fishing for aquatic biological resources by the domestic mining fleet in various regions of the oceans and economic zones of foreign states. Fishing in non-national economic zones of our state is an important part of the national maritime doctrine and a priority for domestic fishing for the coming decades. It is proposed to solve the problem of increasing oceanic fishing by building new production vessels and expanding research work.

**Key words:** fishing, oceans, fishing vessels, exclusive economic zones.

С семидесятых годов двадцатого века и до начала девяностых годов, СССР, приемником которого является Российская Федерация, лидировал в мировом вылове гидробионтов с ежегодным выловом до одиннадцати миллионов тонн. После 1992 года, вылов за пределами российских экономических зон уменьшился, и, составлял менее одного миллиона тонн. В процентном соотношении к мировым выловам доля Российской Федерации, на тот момент, всего три-четыре процента, а не шестнадцать, как прежде, переместившись при этом на шестое место вместо лидирующих первого-второго места.

Такое падение вылова за пределами экономических зон нашей страны, объясняется в первую очередь, прекращением государственных дотаций на удаленный океанический промысел, практически отсутствием финансирования рыбопромысловых исследований, и, конечно, устаревание флота рыбной промышленности – добывающего, перерабатывающего, приемно-транспортного и научно-исследовательского.

Среди внешних причин, пагубно повлиявших на океаническую рыбную промышленность, можно назвать следующие: возросла конкуренция на биоресурсы, добываемые в Мировом океане, как источник полезного питания и ресурсов для различных видов отраслей; в то время, как отечественный флот морально устаревал и не обновлялся, зарубежный флот постоянно обновлялся и совершенствовался; многие государства ужесточили правила рыболовства в своих исключительных экономических зонах.

На текущий момент основная сырьевая база отечественного океанического рыболовства находится в Атлантическом океане. В северной части Атлантического океана основными промысловыми объектами являются: мойва, пикша, треска, скумбрия, окуни и палтус. Их промысел ведется в исключительных экономических зонах, таких стран как Гренландия, конвенционных районах НЕАФК и НАФО, Норвегии, в морском районе Шпицбергена и Фарерских островов.

«В ЦВА для российского промысла доступны запасы ставриды, скумбрии, сардины и сардинеллы исключительных экономических зон стран Западной Африки: прежде всего, Марокко и Мавритании. При достижении определенных договоренностей имеются перспективы промысла в 200-мильных зонах Сенегала, Гамбии, Гвинеи-Бисау, стран Гвинейского залива, Анголы и Намибии. Суммарный объем ресурсной базы российского промысла в Атлантическом океане составляет 1,3 – 1,4 млн. тонн (освоение составляет 50–60%)» [1].

В Тихом океане находится значительный объем ресурсной базы за пределами экономической зоны России. В северной части Тихого океана объектом промысла России являются сайра и морской лещ, в южной же части возможен вылов ставриды и гигантского кальмара. Таким образом, общая величина сырьевой базы российского рыбохозяйственного комплекса в Тихом океане составляет 200–250 тыс. тонн (осваивается не более, чем 10%).

Перспективными промысловыми районами для наших рыбаков являются воды Антарктики, в которых наиболее заманчивым является объект промысла – клыкач, объем вылова которого мог бы составлять до двух тысяч тонн. Также для Южного океана важным объектом промысла является антарктический криль, об-

ший допустимый вылов которого, согласно АНТКОМ (Конвенция о сохранении морских живых ресурсов Антарктики), составляет около 9 миллионов тонн.

Ко всем вышеперечисленным гидробионтам можно добавить такой немаловажный объект промысла, как тунец, ареал обитания которого - открытые и удаленные районы Мирового океана. Всего в год в мире вылавливают почти 4,5 млн тонн, из них в Тихом океане 2,5 млн тонн, в Атлантике около 700 тыс. тонн, остальное приходится на Индийский океан.

Промысел тунца регламентирован различными рыболовными конвенциями. Из всех существующих, Россия является участником только одной – ИККАТ (Международная комиссия по сохранению атлантических тунцов), но и этими полномочиями наше государство не пользуется в полной мере, в первую очередь из-за отсутствия тунцеловного специализированного флота.

В силу сложившейся санкционной политики западных государств по отношению к Российской Федерации усложнился доступ отечественного промыслового флота к водным биоресурсам Мирового океана. В некоторых рыболовных объединениях, при распределении квот намеренно ущемляют интересы Российской Федерации. Несмотря на то, что СССР был одним из учредителей АНТКОМ, в этой организации стараются минимизировать участие России в промысле. В районах, в которых отсутствуют регламентирующие рыболовные организации, Соединенные Штаты призывают закрыть доступ рыбного промысла российским судам, например, в анклав Северного Ледовитого океана.

В прибрежных водах архипелага Шпицберген, являющихся зоной традиционных интересов России, складываются непростые отношения с Норвегией, которая ввела здесь так называемую 200-мильную рыбоохранную зону.

Кроме того, ряд стран приступили к активному освоению водных биологических ресурсов в удаленных районах Мирового океана, решая стратегическую задачу их сохранения на будущее. При этом освоение биоресурсов ведется высокотехнологическими способами, что, в свою очередь, увеличивает эффективность промысла.

Все это может привести «к ограничению доступа России к биологическим ресурсам Мирового океана, сокращению российских национальных квот и, как следствие, нанести ущерб экономическим и геополитическим интересам Российской Федерации» [3].

Внедрение современного добывающего и рыбообрабатывающего оборудования является одной из основных перспективных задач Российского рыболовства. Но, промысел в удаленных районах Мирового океана невозможен без современных, высокотехнологичных добывающих судов, являющимися основой материально-технической базы рыбохозяйственного комплекса. На долю рыболовного флота приходится более 70% основных производственных фондов отрасли. «На судах производится более 92% общего объема мороженой продукции, более 96% рыбной муки и около 15% консервной продукции» [2].

В таблице 1.1 приведена статистика по изменению списочного состава рыболовного флота.

Таблица 1.1 – Динамика изменения состава рыбопромыслового флота России в 1992-2009 гг. [3]

| Тип и размеры судов                             | 1992 | 1992-2009  |                  |          | 2009 | Динамика изменения |
|---|------|------------|------------------|----------|------|--------------------|
|   |      | пополнение |                  | Списание |      |                    |
|   |      | Всего      | В т.ч. новострой |          |      |                    |
| Добывающий флот:                                | 2807 | 1537       | 412              | 2277     | 2067 | -26,36             |
| Крупные   | 33   | 14         | 7                | 22       | 25   | 24,24              |
| Большие   | 626  | 157        | 31               | 606      | 177  | -71,73             |
| Средние   | 941  | 680        | 154              | 771      | 850  | -9,67              |
| Малые   | 447  | 237        | 37               | 345      | 339  | -24,16             |
| Маломерные                                      | 760  | 449        | 183              | 533      | 676  | -11,05             |
| Научно-исследовательские, учебные, рыбоохранные | 90   | 55         | 26               | 85       | 60   | -33,33             |

Для организации масштабного промысла вдали от российской экономической зоны решающее значение имеют модернизация действующего и строительство нового высокотехнологичного и высокоэффективного рыбопромыслового флота, а также создание адекватных механизмов и инструментов его финансирования и кредитования.

«В соответствие со «Стратегией развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу» примерная потребность России в промысловых судах на ближайшие годы оценивается в количестве 60 крупных и средних промысловых судов различного назначения и более чем 280 малых промысловых судов. В этой связи крайне важно создать условия экономической заинтересованности использования вновь построенных, современных российских судов в открытых районах Мирового океана.

Для обеспечения эффективного государственного управления в области рыболовства за пределами национальной экономической зоны совершенствуется законодательное регулирование в сфере международной деятельности с целью развития российского рыболовного промысла в открытом море, включая удаленные районы Мирового океана» [1]

В последние годы наблюдается постепенная активизация российской рыбной промышленности за пределами зоны национальной юрисдикции. Российские уловы увеличились на 20-26% и составили около 1 млн тонн. (статистика за пять лет представлена в таблице 1.2). В то же время сырьевая база российского рыболовства за пределами исключительной экономической зоны страны, по данным российской рыбохозяйственной науки, позволяет в среднесрочной перспективе выловить до 1,7–1,9 млн тонн.

Таблица 1.2 – Выловы РФ в районах Мирового океана 2016-2020 гг

| Части Мирового океана:                      | 2016    | 2017 г  | 2018 г. | 2019    | 2020   |
|---|---------|---------|---------|---------|--------|
| Экономические зоны зарубежных государств, т | 782155  | 807478  | 787082  | 652886  | 567969 |
| Открытая часть районов, т                   | 250389  | 313913  | 265707  | 357892  | 287073 |
| Суммарный вылов, т                          | 1032544 | 1121391 | 1052789 | 1010778 | 855042 |

На фоне обострения конкуренции за ресурсы, научные исследования приобретают все большее значение. Изучение перспективных, но малоиспользуемых или неиспользуемых вовсе, промысловых объектов, объективные научные прогнозы ресурсной базы Мирового океана имеют одно из основных практических значений для повышения рыболовного статуса нашего государства в Мировом океане.

Несмотря на очевидную важность научных исследований в области промышленного рыболовства, финансирование этого направления, не увеличивается с 2015 года, а, наоборот, уменьшается. Так, в 2015 году сумма финансирования составляла 4263, 8 млн.руб., а в 2017 году - 3200 млн.рублей. Уменьшение финансирования рыбохозяйственной науки в 2016 г. привело к уменьшению количества экспедиционных исследований на 29% по сравнению с 2015 г.

Кроме того, для определения биоресурсного потенциала Мирового океана необходимо проведение длительных судовых исследовательских экспедиций. Для этого необходимо обеспечить своевременное пополнение российского промыслового флота не только добывающими, но и научно-исследовательскими судами.

Но, и у минимально осуществляемых промысловых научных исследованиях, существуют сложности. Правила рыболовства исключительных экономических зон государств, в водах которых ведутся исследования, распространяются и на выловы, изъятые учеными для изучения, такие ограничения приводят к уменьшению промыслово-биологической информации.

«Сокращение или отсутствие российских исследований в морских районах за пределами юрисдикции России неизбежно приведет к навязыванию иностранными государствами своего видения состояния водных биологических ресурсов и мер по регулированию их добычи и, в конечном итоге, к ограничению российских право на доступ к морским биологическим ресурсам» [3].

«Необходимо принять меры по предотвращению и минимизации рисков ухудшения международных правовых условий российского доступа к водным биологическим ресурсам Мирового океана. Практика работы российских рыбохозяйственных организаций по освоению ресурсов открытого моря свидетельствует о наличии ряда неурегулированных, проблемных вопросов и административных барьеров, снижающих эффективность рыболовства и приводящих к удорожанию производимой продукции, а также не освоению перспективных объектов промысла открытого моря. В частности, затрудняет оперативную работу рыбопромыслового флота при переходе из исключительной экономической зоны Российской Федерации в Мировой океан обязанность судовладельца, при вхождении в зону действия Конвенции о сохранении и управлении рыбными ресур-

сами в открытом море северной части Тихого океана иметь на борту научного наблюдателя. Сдерживается возможность поставки на внутренний рынок страны рыбопродукции, произведенной на российском судне в открытой части Мирового океана из уловов, добытых иностранным судном.

Среди целей развития удаленных рыболовных агентств можно выделить три основные группы - обеспечение национальной продовольственной безопасности, геополитические цели и экономический рост.

Есть три направления, которые наиболее перспективны с экономической точки зрения. Это программы по добыче и комплексной переработке сардины и скумбрии на Дальнем Востоке, антарктического криля и тунца в зоне ИККАТ. В третью группу входят менее изученные районы и виды, которые могут использоваться в коммерческих целях в долгосрочной перспективе. В первую очередь, это треска в Арктике, а также мезопелагические рыбы.

Ожидаемый прирост вылова от разработки только трех озвученных программ должен составить, по оценкам Росрыболовства, порядка миллиона тонн. Вклад в экономику отрасли, при этом, может составить более 15% от текущих результатов, а с учетом дополнительных промыслов (пелагические виды в ИЭЗ Африканских государств и зоне ЮВТО, Северная Атлантика, Южная и Центральная Америка) – более 20%.

Освоение биологических ресурсов Мирового океана – стратегически важное и экономически перспективное направление развития рыбной промышленности России. Расширение океанического рыболовства, помимо геополитических выгод, позволит России восстановить утраченный статус ведущей рыболовной державы» [2].

### **Список литературы:**

1. Аверкиев А.С. Оценка запасов и управление рыболовством // А.С. Аверкиев, П.П. Чернышков, учебное пособие.-СПб., РГГМУ,2013.-88 с.;
2. Богачев А. И. Обеспечение продовольственной безопасности на основе развития рыбного хозяйства // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 110–121.;
3. Вотинова Е.М., М. В. Вотинов Оценка современного состояния рыбной промышленности: статистический обзор и анализ ситуации // Вестник АГТУ. Сер.:Экономика, 2017. №2. С.50-56;
4. Сведения об улове рыбы и добычи других водных биоресурсов 2016-2020 гг. Статистика и аналитика Федерального агентства по рыболовству.



УДК 629.5.056.8:656.61.052(211-17)

Половцев В.С.<sup>1</sup>, Соколова М.И.<sup>2</sup>, Ломоносов С.Е.<sup>3</sup>, Душко В.Р.<sup>4</sup>

1 – студент 3 курса направления Электроника и наноэлектроника ФГАОУ ВО «СевГУ»

2 – студент 3 курса направления Электроника и наноэлектроника ФГАОУ ВО «СевГУ»

3 – доцент кафедры Электроника и наноэлектроника ФГАОУ ВО «СевГУ»

4 – доцент, заведующая базовой кафедрой Инновационное судостроение и технологии освоения шельфа ФГАОУ ВО «СевГУ»

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ НА КАЧЕСТВО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

**Аннотация:** Глобальные навигационные спутниковые системы занимают особое место в космической инфраструктуре так и в Северном морском пути, обеспечивая непрерывный доступ к навигационным услугам потребителям в арктической зоне. Наиболее широкое распространение в мире получила американская система GPS (Global Positioning System) и российская глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС.

**Ключевые слова:** Системы навигации, Северный морской путь, арктика, спутниковые системы, космос, навигационные услуги, ионосферные эффекты.

**Abstract:** Global navigation satellite systems occupy a special place in the space infrastructure, providing continuous access to navigation services to consumers in the Arctic zone. The most widely used in the world is the American GPS system (Global Positioning System) and the Russian GNSS GLONASS.

**Keywords:** Navigation systems, Northern Sea Route, Arctic, satellite systems, space, navigation services, ionospheric effects.

**Введение.** Обеспечение качеством связи, навигационного обеспечения неограниченного числа пользователей морского базирования является важной характеристикой глобальных навигационных систем. Особая актуальность видна в арктической зоне и Северного морского пути. Многие эффекты ионосферы и магнитных полей плохо сказываются на качестве связи со спутником, для этого используют сразу две системы.

**Цель исследования.** Основной целью исследования является влияние эффектов Земли, автоматизации систем связи на качество функционирования глобальных навигационных систем в акватории Северного морского пути.

### **Материалы и методы исследования.**

Метод спутниковой системы ГЛОНАСС в арктической зоне.

Спутники системы ГЛОНАСС непрерывно излучают навигационные сигналы двух типов: навигационный сигнал стандартной точности (СТ) в диапа-

зоне L1 (1,6 ГГц) и навигационный сигнал высокой точности (ВТ) в диапазонах L1 и L2 (1,2 ГГц) [1].

Информация, предоставляемая навигационным сигналом ST, доступна всем пользователям на постоянной и глобальной основе. Эта точность может быть значительно повышена с помощью метода дифференциальной навигации и/или дополнительных специальных методов измерения. Для определения пространственных координат и точного времени необходимо принимать и обрабатывать навигационные сигналы не менее чем с 4 спутников ГЛОНАСС. При приеме радионавигационных сигналов ГЛОНАСС приемник использует известные радиотехнические методы измерения расстояний до видимых спутников и их скорости. Одновременно с измерениями приемник автоматически обрабатывает временные метки и цифровую информацию, содержащуюся в каждом навигационном радиосигнале.

Цифровая информация описывает положение данного спутника в пространстве и времени (эфемериды) относительно масштаба времени, общего для системы, и в геоцентрической связанной декартовой системе координат. Кроме того, цифровая информация описывает положение других спутников в системе (альманахе) в виде кеплеровских элементов их орбит и содержит некоторые другие параметры. Результаты измерений и полученная цифровая информация являются исходными данными для решения навигационной задачи определения координат и параметров движения судна в арктической зоне.

Навигационная задача решается автоматически в вычислительном устройстве приемника известным методом наименьших квадратов. В результате решения определяются три координаты положения судна, скорость его движения и привязка шкалы времени потребителя к шкале точного универсального времени (UTC).

По статистике, в годы минимальной солнечной активности в ГЛОНАСС для 6 дальномеров с открытым исходным кодом АНБ среднеквадратичные ошибки определения широты и долготы составляют 20-28 м, а высоты-40-52 м, что в 2,5 раза меньше, чем для GPS в тех же условиях [1]. Количество пользователей системы не ограничено. Благодаря такому подходу можно обеспечить

связь для всех судов в арктической зоне. В дополнение к основной функции - навигационным определениям-система обеспечивает очень точную взаимную синхронизацию частотных и временных структур в удаленных наземных объектах и взаимные геодезические привязки [1].

Метод спутниковой системы навигации GPS в арктической зоне.

В околоземном пространстве развернута сеть искусственных спутников Земли (МКС), равномерно "покрывающая" всю поверхность Земли. Орбиты спутника рассчитываются с очень высокой точностью, поэтому координаты каждого спутника известны в любой момент времени. Спутниковые радиопередатчики непрерывно излучают сигналы в направлении Земли. Эти сигналы принимаются GPS-приемником, расположенным на судне в арктической зоне, координаты которой должны быть определены.

Поэтому оборудование спутника и приемника включает в себя эталонные часы (стандарты частоты), а точность стандарта спутникового времени чрезвычайно высока (долгосрочная относительная стабильность частоты обеспечивается на уровне 10-13-10-15 в сутки). Бортовые часы всех спутников синхронизированы и привязаны к так называемому "системному времени". Временная привязка GPS-приемника менее точна, чтобы не увеличивать его стоимость чрезмерно. Эта ссылка должна обеспечивать только кратковременную стабильность частоты во время процедуры измерения.

На практике в измерениях времени всегда присутствует ошибка, обусловленная несопадением шкал времени ИСЗ и приемника. По этой причине в приемнике вычисляется искаженное значение дальности до спутника или "псевдодальность". Измерения расстояний до всех ИСЗ, с которыми в данный момент работает приемник, происходит одновременно. Следовательно, для всех измерений величину временного несоответствия можно считать постоянной. С математической точки зрения это эквивалентно тому, что неизвестными являются не только координаты  $X, Y$  и  $H$ , но и поправка часов приемника  $Dt$ . Для их определения необходимо выполнить измерения псевдодальностей не до трех, а до четырех спутников [2].

В результате обработки этих измерений приемник вычисляет координаты (X, Y и H) и точное время. Если приемник установлен на судне, которое движется по Северному морскому пути, и наряду с псевдодальностями измеряет доплеровские сдвиги частот радиосигналов, то можно также рассчитать скорость объекта. Таким образом, для выполнения необходимых навигационных определений необходимо обеспечить постоянную видимость с него, по крайней мере, четырех спутников. После полного развертывания созвездия спутника в любой точке Земли можно увидеть от 5 до 12 спутников в любое время. Современные GPS-приемники имеют от 5 до 12 каналов, то есть они могут одновременно принимать сигналы от стольких спутников. Избыточные измерения (более четырех) позволяют повысить точность определения координат и обеспечить непрерывность решения навигационной задачи [2].

В оборудовании потребителя (GPS-приемнике) декодируется принятый сигнал, т. е. из него выделяются кодовые последовательности C/A или C/A и P, а также служебная информация. Полученный код сравнивается с аналогичным кодом, генерируемым самим GPS-приемником, что позволяет определить задержку в распространении сигнала со спутника и таким образом вычислить псевдодальность. После захвата спутникового сигнала приемное оборудование переключается в режим слежения, т. е. GPS поддерживает синхронизацию между принимаемым и опорным сигналами.

Сложная структура сигнала, передаваемого со спутника на приемник, привела к разнообразию способов его обработки и наблюдения. Кодовые наблюдения реализуются в простейших по конструкции GPS-приемниках. Код C/A выделяется из сигнала частоты L1, полученного со спутника (тогда приемник называется одночастотным), или код P выделяется из сигналов частоты L1 и L2 (двухчастотный приемник). Соответствующий код сравнивается с эталонным кодом, сгенерированным самим приемником [3].

### **Результаты исследования и их обсуждение.**

На точность определения координат существенно влияют ошибки, возникающие во время процедуры измерения. Природа этих ошибок различна.

1. Неточное определение времени. При всей точности стандартов времени искусственного спутника Земли (МКС) существует некоторая погрешность в масштабе времени спутникового оборудования. Это приводит к систематической ошибке в определении координат около 0,6 м.

2. Ошибки в вычислении орбит. Они появляются из-за неточностей в прогнозе и расчете спутниковых эфемерид, выполняемых в приемном оборудовании. Эта ошибка также является систематической и приводит к погрешности измерения координат около 0,6 м.

3. Геометрическое расположение спутников. При расчете суммарной погрешности также необходимо учитывать относительное положение потребителя и спутников рабочей группировки. Для этого вводится специальный коэффициент геометрического ухудшения точности PDOP (Position Dilution Of Precision), на который необходимо умножить все перечисленные выше погрешности, чтобы получить результирующую погрешность. Значение коэффициента PDOP зависит от взаимного положения спутников и приемника. Он обратно пропорционален объему фигуры, которая будет сформирована, если вы нарисуете единичные векторы от приемника к спутникам. Большое значение PDOP указывает на неудачное местоположение спутника и большое значение ошибки.

Обе системы имеют преимущества и недостатки, поэтому совместное использование ГЛОНАСС и GPS поддерживается интенсивным развитием потребительского оборудования, которое принимает и обрабатывает сигналы обеих систем.

**Выводы.** Таким образом в докладе представлен анализ функционирования глобальных навигационных систем в арктической зоне, недостатки и способы их решения. Что в настоящее время приобретает особую актуальность для навигации на Северном морском пути.

#### **Список использованной литературы:**

1. Глобальная Навигационная Спутниковая Система ГЛОНАСС. Интерфейсно контрольный документ Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2 (редакция 5.1) М., 2008.
2. Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса системы ГЛОНАСС, Каплев С.А., Болкунов А.И. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш).
3. Интерфейсный контрольный документ ГЛОНАСС – общее описание системы с кодовым разделением сигналов, редакция 1.0, 2016.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАНЕВРОВ «ЧЕЛОВЕК ЗА БОРТОМ» С ПОМОЩЬЮ НАВИГАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА NAVI-TRAINER 5000

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены основные маневры судна по тревоге «Человек за бортом», выявлены наиболее практичные методы разворота и отработаны курсантами специальности 26.05.05 судовождение на навигационном тренажере Navi-Trainer 5000.

**Ключевые слова:** Манёвры, тревога «Человек за бортом», конвенция, методы.

**Abstract:** In this article, the main maneuvers of the vessel by the alarm “Man overboard” are considered, the most practical methods of turning are identified and worked out by cadets of the specialty 26.05.05 navigation on the Navi-Trainer 5000 navigation simulator.

**Keywords:** Maneuvers, Man Overboard alarm, convention, methods.

Одна из самых опасных ситуаций, в которую человек может попасть при работе на судне — это оказаться за его бортом.

В мировом судоходстве крайне важным моментом является теоретическая и практическая подготовка капитанов и их помощников, но, к сожалению, таким важным аспектам, а именно отработке манёвров на тренажерах, уделяется очень мало внимания. Анализируя данные из разных источников, выяснилось, что далеко не каждый судоводитель смог с первой попытки выполнить манёвр по тревоге «Человек за бортом».

Цель данной работы изучить, отработать и выявить наиболее эффективные манёвры по тревоге «Человек за бортом».

По статистическим данным, в среднем с 2000 года за борт выпало около 400 человек. Среднее значение доли спасенных пассажиров за все годы, составляет около 17%, что является очень плохим показателем.

Действия экипажа по тревоге «Человек за бортом» отрабатываются в соответствии с предписаниями Конвенции SOLAS –74. Наиболее важным фактором сохранения человеческой жизни на море является сокращение времени нахождения человека в воде. Поэтому важным является правильный выбор оптимального маневра.

Для того, чтобы вернуть судно к точке падения человека за борт используют следующие наиболее практичные виды маневров:

### **1. Разворот методом Андерсона.**

Преимущества:

– наиболее быстрый способ спасения

Недостатки:

– требуется морское судно с малым радиусом циркуляции

– практикуется в основном судами, обладающими мощными силовыми установками

– не приспособлен для выполнения судном, имеющим лишь один гребной винт

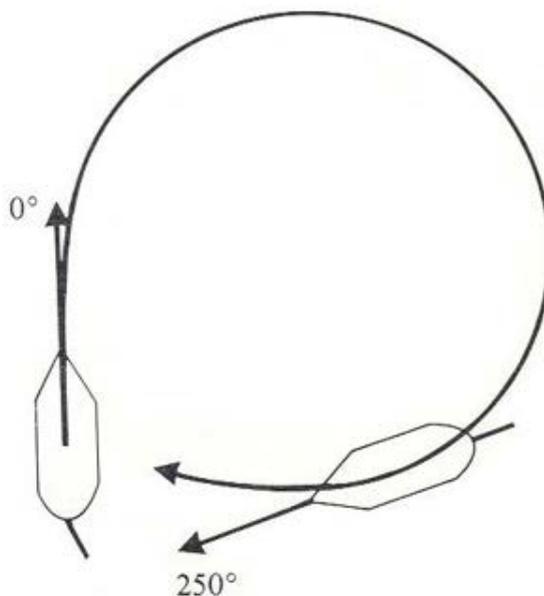


Рис. 1 – Маневр Андерсона

Для выполнения данного манёвра требуется:

а) Переложить руль на тот борт, с которого было замечено падение человека и удерживать.

б) После отворота судна на курсовой угол  $250^\circ$  от первоначального курса, руль переводят в положение «прямо» и начинают приостанавливать судно.

### **2. Разворот методом Уильямсона**

Используется в момент обнаружения падения человека за борт.

Преимущества:

- обеспечивает хорошую начальную линию пути
- пригоден в условиях ограниченной видимости
- прост в выполнении

Недостатки:

- судно удаляется от места происшествия;
- занимает много времени

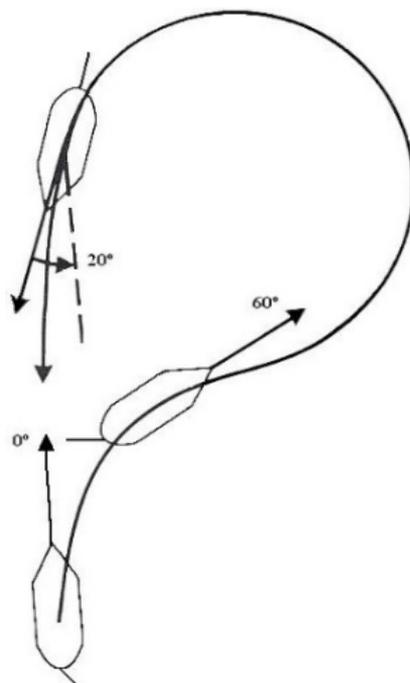


Рис.2 – Маневр Уильямсона

Для выполнения данного манёвра требуется:

- а) Переложить руль на борт.
- б) После того как судно отвернет от первоначального курса на  $60^\circ$ , руль переключают на противоположный борт.
- в) Когда судно повернет на курс, на  $20^\circ$  меньше контркурса, руль переключают в положение «прямо» и приводят судно на контркурс.

### 3. Разворот методом Шарнова

Применяется, когда с момента падения человека за борт прошло какое-то время.

Преимущества:

- возвращает судно в свой кильватер
- судно проходит меньшее расстояние, экономя время

Недостатки:

- не применяется в случае "немедленных действий"

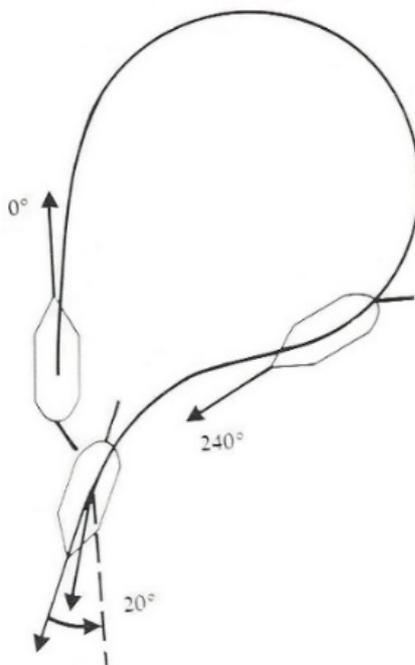


Рис. 3 – Маневр Шарнова

Для выполнения данного манёвра требуется:

а) Переложить руль на борт.

б) После того, как судно отвернет от первоначального курса на  $240^\circ$ , руль переключают на противоположный борт.

в) Когда судно повернет на курс, на  $20^\circ$  меньше контркурса, руль переключают в положение «прямо» и приводят судно на контркурс.

Практическая и теоретическая подготовка будущих судоводителей включает в себя работу на навигационном тренажере, с целью поддержания необходимого МК ПДНВ 78 (раздела А-I/12, раздела В-I/12, таблицы А-II/1, А-II/2) с поправками уровня компетентности. В процессе обучения происходит практическая подготовка курсантов-судоводителей на радиолокационном тренажере с целью добиться необходимого уровня компетентности в судовождении, как при различных условиях видимости, так и при различных состояниях моря.

Чтобы получить объективную оценку о времени необходимом для маневров была произведена имитация ситуаций тревоги «Человек за бортом», с дальнейшей отработкой маневров по спасению человека представленных выше. Моделирование и отработка были произведены на мультимедийном тренажере Navi-Trainer 5000, который позволяет создать условия максимально приближенные к реальным.

Данный анализ направлен на выявление преимуществ одного из маневров по спасению человека. Эффективность спасения зависит от большого количества факторов: параметров волнения, тактико-технических характеристик судна, его водоизмещения, мощности силовой установки, наличия подруливающих устройств и многих других параметров:

- Для отработки маневров использовалось судно одного типа, газовоз (LNG);
- При измерениях использовалось судно без подруливающих устройств;
- Ситуация была смоделирована таким образом, будто человек упал непосредственно с судна и в это время была дана тревога «Человек за бортом»;
- Параметры ветра и волнения выбирались одинаково для каждого из разворотов, испытание проводилось на спокойной воде.
- Начальная скорость судна была выбрана равной 19 узлам, чтобы приблизить ситуацию к реальным условиям океанического перехода.

В качестве критерия успешности проведенной операции использовались данные о выживаемости человека в воде с определенной температурой. Среднегодовая температура мирового океана составляет 17.5 градусов Цельсия. Согласно таблице выживаемости, разработанной Международной Конвенцией по охране человеческой жизни на море 1974 г. (СОЛАС-74), будем основываться на данном показателе температуры.

Принимая к сведению тот факт, что человек находится за бортом судна без необходимой экипировки, то у вахтенного помощника при такой температуре для выполнения требуемых действий имеется от 50 минут до 3 часов.

Таблица 1. Допустимое время прибывания человека в воде.

| Температура воды<br>□С | Безопасное время, мин. | Допустимое время, мин. | Смертельное время, мин. |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 0                      | До 5 мин.              | От 5 до 26 мин.        | Более 26 мин.           |
| 10                     | До 10 мин.             | От 10 до 45 мин.       | Более 45 мин.           |
| 15                     | До 50 мин.             | От 50 мин. до 3 часов  | Более 3 часов           |
| 20                     | До 2 часов             | От 2 до 7 часов        | Более 7 часов           |

В ходе проведенных испытаний мы получили следующие данные:

- Манёвр Андерсона был выполнен за 14 минут;
- Манёвр Уильямсона был выполнен за 19 минут;
- Манёвр Шарнова был выполнен за 18 минут.

Цель работы заключалась в выявлении наиболее практичных методов разворота и итог таков, что наиболее простым и быстрым методом в момент обнаружения падения человека за борт является метод Андерсона, а метод Шарнова наиболее эффективным, когда с момента обнаружения падения человека за борт прошло какое-то время.

### Список литературы:

1. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (СО-ЛАС74). (Консолидированный текст, измененный Протоколом 1988 года к ней, с поправками), - СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010 г. - 992 с.
2. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978, с поправками (ПДНВ-78). - СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010.-806 с.
3. Нагаева М.В. Инженерно-графическая подготовка как один из инструментов решения проблем обучения в техническом вузе // Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта в Азиатско-Тихоокеанском регионе», 21 ноября 2019 г. - Владивосток, Дальрыбвтуз, 2019. - С. 124-130.

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕФРАКЦИОННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ НАХОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТА ПРОМЫСЛА ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

**Аннотация:** Приведено обоснование методики количественной оценки погрешности в определении глубины нахождения объекта промысла при помощи гидроакустических поисковых средств, возникающей вследствие отсутствия в этих средствах алгоритма учета рефракции звуковых лучей в море. Выполнена количественная оценка рефракционной погрешности для двух частных случаев и проведен анализ результатов этой оценки, на основе которого сформулированы рекомендации по способу ее учета.

**Ключевые слова:** Глубина объекта поиска, рефракция, погрешность.

**Abstract:** The substantiation of the method of quantitative assessment of the error in determining the depth of the fishing object using hydroacoustic search tools, arising from the absence in these tools of an algorithm for accounting for the refraction of sound rays at sea, is given. A quantitative assessment of the refractive error for two particular cases and an analysis of the results of this assessment are carried out. Based on the results of the analysis recommendations on how to take into account the refractive error are formulated.

**Key words:** Fishing target depth, refraction, error.

Эффективность промыслового усилия определяется совокупностью большого количества факторов и зависит от того, насколько близки к оптимальным решения на выполнение каждой производственной операции, составляющей это усилие. В свою очередь, оптимум решения может быть достигнут только при условии достаточности и достоверности информации, лежащей в его основе. Так, в случае прицельного тралового лова после постановки трал (геометрический центр устья) должен быть выведен на горизонт нахождения ядра косяка, а особенно важно это в случаях, когда горизонтальное и вертикальное развитие косяка меньше (или сопоставимо) с горизонтальным и вертикальным раскрытием трала. В противном случае значительно возрастает вероятность пролова. Здесь очевидно, что в распоряжении судоводителя-промысловика, принимающего решение на постановку трала, должна быть информация о глубине нахождения косяка. Известно, что основным и практически единственным источником такой информации в настоящее время являются судовые поисковые и гидроакустические средства – рыболокаторы вертикаль-

ного и горизонтального поиска (или по иной терминологии – рыбопоисковые эхолоты и гидролокаторы).

Сегмент рынка рыбопоискового оборудования сейчас достаточно развит. Ведущие производители постоянно совершенствуют свою продукцию, реализуя в ее образцах различные современные технологии, предназначенные для оптимизации поиска и обнаружения объектов промысла. Однако в описании этих образцов, представленных как в технической документации, так и в рекламных буклетах, нигде нет упоминания о реализации каких-либо алгоритмов учета рефракции звуковых лучей при определении координат местоположения обнаруженного объекта промысла (наклонной и горизонтальной дистанции, угла места и глубины). Вместе с тем, игнорирование рефракции приводит к появлению погрешности определения глубины нахождения косяка. Описанием и решением этой проблемы занимался к.т.н. В.М. Букатый с коллегами, предложив в итоге несколько способов определения фактической глубины объекта по данным рыболокатора [1-2]. Однако в его работах не представлены результаты какой-либо количественной оценки возникающей из-за рефракции погрешности (т.е. рефракционной погрешности), а также сделано допущение о постоянстве вертикального градиента в приповерхностных слоях моря. Это допущение, которое дает возможность представить сложную траекторию луча дугой окружности, является следствием отсутствия простого, но строгого метода аналитического описания такой траектории и недостаточностью исходной информации о распределении скорости звука по глубине. Обе причины, а, следовательно, и само допущение можно исключить из исследования при помощи компьютерного моделирования траектории звукового луча на основе данных о температуре и солености воды на различных горизонтах, которые представлены в базах океанографических данных, доступных в сети Интернет любому пользователю.

Таким образом, цель настоящего исследования можно сформулировать следующим образом: обосновать методику количественной оценки погрешности определения глубины нахождения обнаруженного судовыми гидроакусти-

ческими средствами объекта промысла, обусловленную отсутствием в алгоритме определения учета рефракции звуковых лучей в море, и апробировать эту методику в отношении конкретных акваторий.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- определены источники информации о распределении температуры и солености морской воды, проведена выборка данных и расчет значений скорости звука;
- проведено компьютерное моделирование траектории звукового луча;
- проведен вычислительный эксперимент по определению рефракционной погрешности для различных акваторий плавания.

В качестве инструмента в работе использована несколько модифицированная программа для ЭВМ [3], исходными данными для которой являются значения температуры и солёности воды на различных горизонтах.

Первая акватория, для которой была проведена оценка рефракционной погрешности – Баренцево море. За источник информации о распределении температуры и солености воды по глубине здесь были приняты базы данных Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане ЕСИМО [4]. В этой базе представлены сглаженные климатические ежемесячные данные по температуре и солености воды за многолетний период в узлах одноградусной сетки. В целях оценки рефракционной погрешности были выбраны 24 массивов данных средних значений температуры и солености для каждого месяца для узла 28444, т.е. для точки имеющей координаты  $74,5^{\circ}N$ ,  $44,5^{\circ}E$ , для горизонтов 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 200, 250 м.

Для оценки рефракционной погрешности  $\Delta h$  (для построения ее зависимости от горизонтального расстояния  $X$ ) глубины  $h$  объекта при фиксированном значении глубины, необходимо:

- выбрать из базы данных массивы значений температуры и солености воды по горизонтам;

– привести указанные значения к горизонтам, используемым в программе, и получить распределение  $c(h)$  скорости звука по глубине, используя эмпирическую формулу Дель-Гроссо;

– для различных горизонтальных расстояний  $X$  как аргумента функции  $\Delta h(X)$  рассчитать наклонное расстояние  $L = \sqrt{X^2 + h^2}$ ;

– при помощи программы определить фактический угол скольжения (угол места)  $\alpha_i$ ;

– по наклонному расстоянию и углу скольжения вычислить измеренную (кажущуюся) глубину  $h_{изм} = L \sin \alpha_i$ ;

– рассчитать рефракционную погрешность  $\Delta h = h_{изм} - h$ .

По результатам расчетов были построены кривые зависимости рефракционной погрешности определения глубины от горизонтального расстояния для глубин 50, 100, 150 и 200 м (рисунок 1).

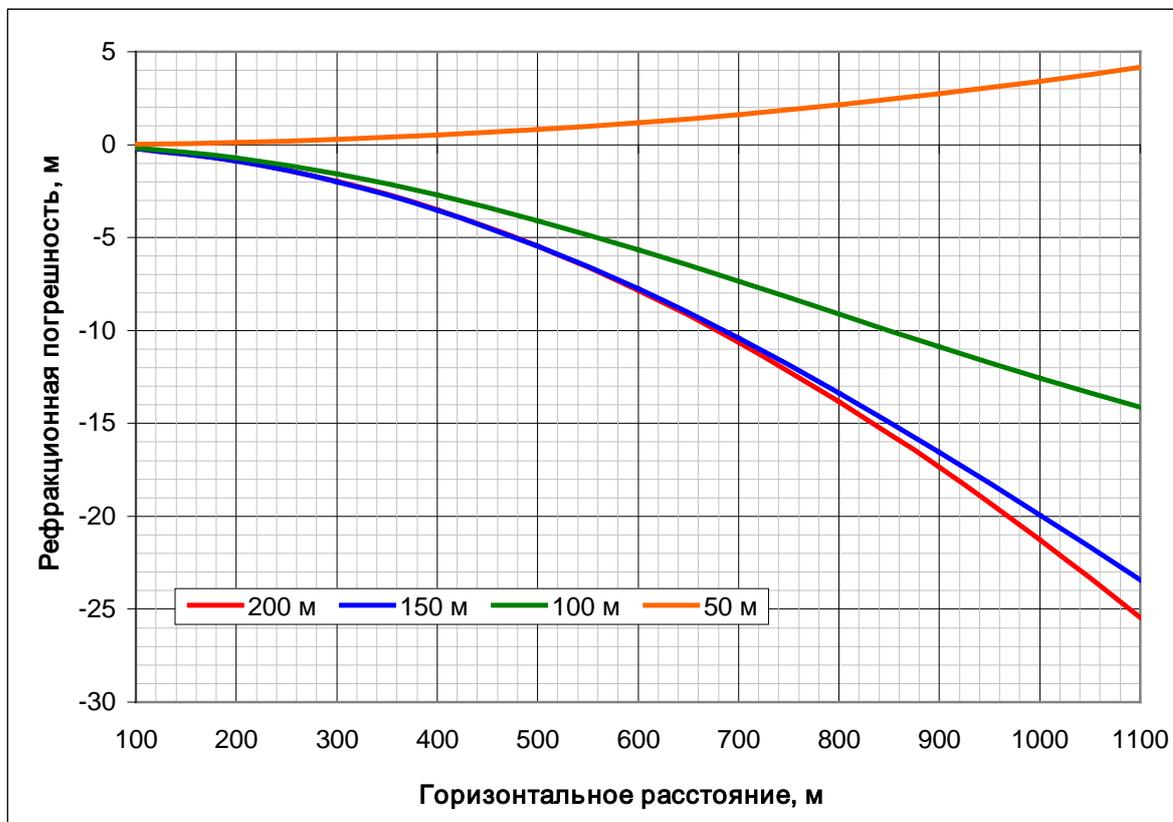


Рисунок 1 – Кривые рефракционной погрешности (Баренцево море)

Если для расчета рефракционной погрешности в Баренцевом море использовались значения температуры и солёности, полученные осреднением, то для района Центрально-Восточной Атлантики (а, точнее, для точки с координатами  $19,8467^{\circ}N$ ,  $17,8712^{\circ}W$ ) за исходные данные были приняты результаты разовых измерений, проведенных в 00:11 13 марта 2015 года и выбранных из океанографической базы данных Международного совета по исследованию моря (The International Council for the Exploration of the Sea – ICES, ИКЕС) [5]. На рисунке 2 по тем же принципам, что и для Баренцева моря, визуализированы результаты расчета рефракционной погрешности определения глубины гидроакустическими средствами.

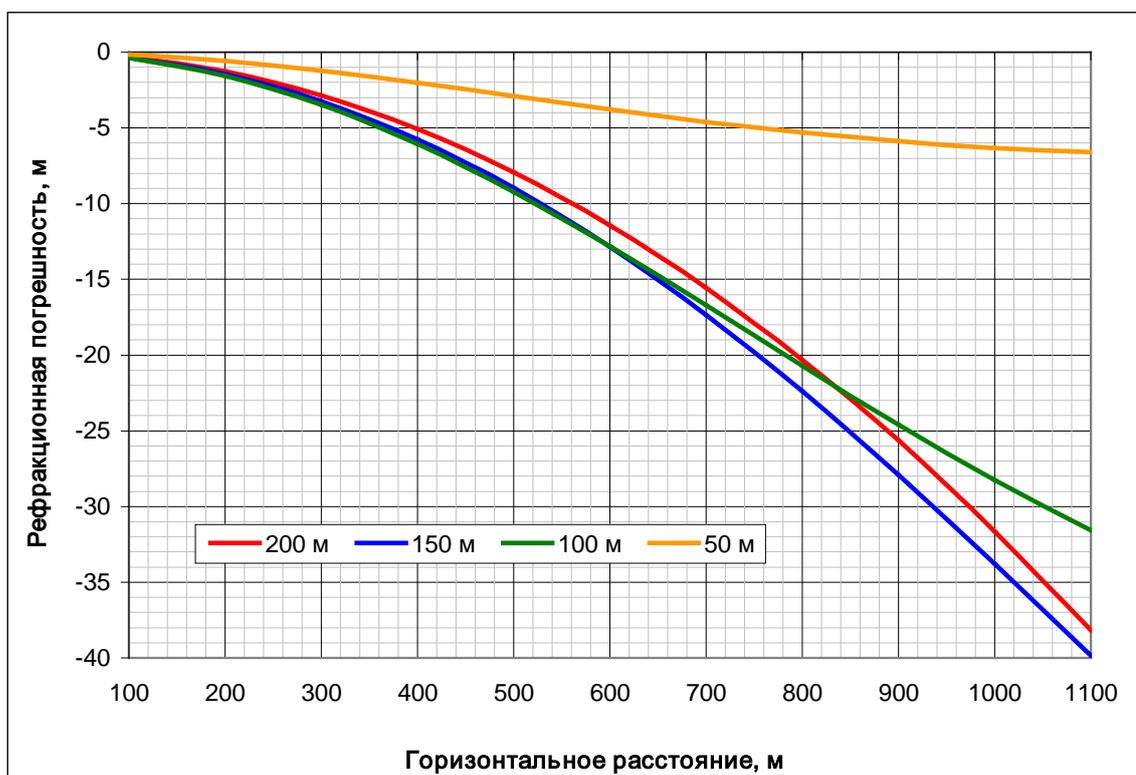


Рисунок 2 – Кривые рефракционной погрешности (ЦВА)

Очевидно, что представленные кривые, полученные как на основе среднемесячных, значений солёности и температуры, так и по результатам одной серии измерений имеют ретроспективный и сугубо оценочный характер, который дает понимание о порядке погрешности, и не могут быть ис-

пользованы для непосредственной коррекции глубины, определяемой рыболокатором. По сути, каждая из построенных кривых является реализацией случайной функции. Для получения актуальной поправки глубины за рефракцию необходимо иметь в распоряжении текущие значения скорости звука (или температуры и солености) на различных горизонтах. Иными словами, судно, осуществляющее поиск рыбных скоплений, должно быть оборудовано соответствующими техническими средствами измерений, что в итоге приведет как к усложнению самой процедуры поиска, так и к ее удорожанию (а, следовательно, и к увеличению себестоимости продукции). Для приблизительной качественной оценки вероятности пролова в случае игнорирования рефракционной погрешности проведем совместный анализ размерных характеристик рыбных косяков и орудий лова (тралов).

Одним из распространенных объектов промысла в Центрально-Восточной Атлантике является ставрида. Промысел ставриды в районе ЦВА ведется главным образом в мористой части шельфа, ближе к материковому свалу, на глубинах 70-180 м [6]. В середине зимы и весной скопления ставриды перемещаются в южную часть района. Вертикальное развитие стай составляет 10-20 м. Следует заметить, что именно этими характеристиками объекта промысла и были обусловлены время, место и глубины, для которых делалась выборка температуры и солености.

В качестве орудий лова, используемого в целях промысла в данном районе, примем к рассмотрению разноглубинный трал «Сириус-4», который имеет вертикальное раскрытие 70-80 м [7]. Таким образом, становится очевидно, что при значении рефракционной погрешности в 40 м, которая имеет место быть при глубине нахождения косяка 150 м, в случае игнорирования этой погрешности в лучшем случае через ядро косяка пройдет нижняя подбора, а в худшем – нижняя подбора только «погладит» косяк сверху. Несмотря на то, что этот вывод справедлив исключительно для одного момента времени и для определенной точки, его можно сделать универсальным, сформулировав следующим об-

разом: «Игнорирование рефракционной погрешности может привести к пролову при конкретном тралении».

В большинстве случаев в рыболокации имеет место быть отрицательная рефракция [2], а, следовательно, и отрицательная рефракционная погрешность. Таким образом, объект промысла находится на большей глубине, чем определено рыболокатором. После этого утверждения имеет смысл обратиться к следующей цитате: «Облов косяка имеет целью вывести устье трала на ядро косяка. Решение этой задачи осложняется случайным поведением косяка: он может уйти от приближающегося устья трала в любую сторону. В решении этого вопроса чаще всего опираются на опыт предшествующих тралений как своего судна, так и работающих рядом. Но все же, как отмечают промысловики, косяки чаще всего при приближении трала опускаются» [8, с. 172]. Приведенные выше выводы позволяют предположить, что фактически обнаруженный объект промысла не меняет горизонт своей локации в отличие от своей отметки на экране рыболокатора. При приближении судна с тралом к косяку рефракционная погрешность уменьшается, а отметка «заглубляется», стремясь занять положение, соответствующее действительной глубине. Иными словами, при приближении трала имеет место быть кажущееся движения косяка вниз, обусловленное уменьшением рефракционной погрешности.

Проведенные исследования не дают сделать однозначный вывод о том, что с увеличением фактической глубины нахождения объекта рефракционная погрешность также увеличивается. Ее распределение по глубине зависит опять же от конкретного распределения скорости звука, постоянно изменяющегося во времени и пространстве.

Замена фактической криволинейной траектории звукового луча на дугу окружности, построенную по двум значениям скорости звука – в точке излучения и в точке отражения – не решает проблему рефракционной погрешности. Расчеты показали, что такая замена может как свести погрешность к значению, которым можно пренебречь, так и, наоборот, увеличить ее.

Для учета рефракции в рыболокаторах предлагается следующее.

Обширная база океанографических данных, представленная в многочисленных открытых и достоверных источниках, может быть обработана и загружена в память рыболокатора вместе с алгоритмом расчета рефракционной погрешности. Как уже было сказано, рассчитанная по ретроспективным данным погрешность не может быть положена в основу строгого учета рефракции (т.е. для расчета поправки в рамках конкретного промыслового цикла), однако ее знак и величина позволят судоводителю-промысловому принять решение, ближе к оптимальному, чем в случае, когда информация о рефракционной погрешности отсутствует вовсе. Обоснованным здесь будет включение в меню рыболокатора отдельного режима (экрана) отображения, предназначенного для представления пользователю информации о плотности распределения рефракционной погрешности и надежности исходных данных, и функции, позволяющей при наведении курсора на отметку, получать информацию о возможной величине рефракционной погрешности.

Описанные способы учета рефракции при определении глубины нахождения объекта промысла видятся оптимальными и, скорее всего, будут таковыми до тех пор, пока не появится возможность (методы и технические средства) дистанционного определения точного мгновенного значения скорости звука на любом горизонте. При этом техническая реализация этой возможности не должна привести к значительному удорожанию и усложнению гидроакустических средств.

При существующих же условиях и обстоятельствах принятие решения судоводителем-промысловиком о горизонте хода трала должно основываться не только на информации от средств поиска и на промысловом опыте, но и на понимании так, как рефракция влияет на точность определения глубины рыболокатором. В любом случае, момент принятия решения должен находиться на временной оси настолько дальше, насколько это позволяет технология лова в текущем промысловом цикле. При этом необходимо принимать во внимание, что выход трала на глубину, большую, чем определено рыболо-

катором (т.е. заглублиение тpала) не является панацеей. В ряде случаев ре-фракционная погрешность может быть положительной, а отметка обнару-женного объекта на дисплее находится не выше, а ниже фактического место-положения косяка.

### Список литературы:

1. Букатый, В.М. Дистанционное определение глубины нахождения косяка рыб по данным рыболокатора / В.М. Букатый С.В. Ермаков // IV Международный Балтийский морской форум [Электронный ресурс]: материалы Международного морского форума. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2016. – С. 56-70.
2. Букатый, В.М. Промысловая гидроакустика и рыболокация. – М.: Мир, 2003. – 496 с.
3. Расчёт и построение лучевых картин по информации тралового зонда о температуре воды на разных глубинах: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018616309 Российская Федерация / В.М. Букатый, С.В. Ермаков. – № 2018613131; заявл. 02.04.2018; опубл. 29.05.2018, Бюл. № 6. – 1 с.
4. Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО). Климат морей России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://portal.esimo.ru/portal/portal/esimo-user/services/climate>
5. ICES Oceanography. CTD and Bottle data [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ocean.ices.dk/HydChem/HydChem.aspx?plot=yes>
6. Коротков, В.К. Тактика, техника лова гидробионтов: учебное пособие. – М.: Моркнига, 2012. – 275 с.
7. Попов, С.В. Сравнительный анализ работы разноглубинных тралов на промысле пелагических рыб в ИЭЗ Марокко / С.В. Попов, А.С. Мысков // Труды АтлантНИРО. 2017. Новая серия. – Том 1, № 4. – Калининград: АтлантНИРО, 2017. – С. 130-136.
8. Лушников, Е.М. Основы морского дела, судовождения и промышленного рыболовства. – М.: Агропромиздат, 1989. – 192 с.

УДК 629.5.052.1(211-17)

Половцев В.С.<sup>1</sup>, Мишина К.Ю.<sup>2</sup>, Ломоносов С.Е.<sup>3</sup>, Макаров В.К.<sup>4</sup>

1 – студент 3 курса направления Электроника и нанoeлектроника ФГАОУ ВО «СевГУ»

2 – студент 3 курса направления Электроника и нанoeлектроника ФГАОУ ВО «СевГУ»

3 – доцент кафедры Электронная техника ФГАОУ ВО «СевГУ»

4 – доцент кафедры Электронная техника ФГАОУ ВО «СевГУ»

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОННОЙ НАВИГАЦИИ ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ СТРОЯ ОТДЕЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Аннотация:** Статья посвящена разработке алгоритма электронной навигации при выходе из строя отдельных навигационных систем и устройств. В судовождении широкое распространение получают высокоэффективные навигационные системы. Существует множество систем навигации, чтобы выбрать более качественную и точную систему, необходимо провести расчеты и оценку навигационного оборудования. В связи с появлением актуальности Северного морского пути, алгоритмы процесса электронной навигации сильно меняются.

**Ключевые слова:** Алгоритм навигации, Северный морской путь, навигационные системы, навигационное оборудование, навигационные устройства, судовождение.

**Abstract:** The article is devoted to the development of an algorithm for electronic navigation in case of failure of individual navigation systems and devices. High-performance navigation systems are widely used in navigation. There are many navigation systems, so to choose a better and more accurate system, you need to make calculations and evaluate the navigation equipment. In connection with the emergence of the relevance of the Northern Sea Route, the algorithms of the electronic navigation process are significantly changing.

**Keywords:** Navigation algorithm, Northern Sea Route, navigation systems, navigation equipment, navigation devices, navigation.

**Введение.** Для численной оценки навигационного оборудования для Северного морского пути и других каналов судоходства, и создания методики представляется электронная навигационная модель, которая может быть адаптирована под судно любого водоизмещения методом добавления или устранения необходимых или лишних параметров [1].

**Цель исследования.** Основной целью исследования является разработке алгоритма электронной навигации для Северного морского пути. Выбор оптимального маршрута для судна, а так же исключение выхода из строя навигационного оборудования.

### Материалы и методы исследования.

1. Метод показания электронной навигационной модели в заданных условиях.

Любая электронная система имеет свой допустимый предел погрешности и факторы влияния на точность показаний измерительных устройств, которые показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Факторы влияния на точность показаний измерительных устройств

При определенных условиях система может сработать некорректно и привести к ошибке. Коэффициент надежности прибора рассчитывается на основании заявленной производителем погрешности прибора, количества дублирующих систем на судне, а также от вероятности событий, которые могут произойти, в зависимости от расположения устройства или его частей, особенностей конструкции, автономности, условий судовождения и другого. Частота отказов представляется следующей формулой:

$$f(t) = \frac{\Delta n(t)}{N \cdot \Delta t} \quad (1)$$

где  $\Delta n(t)$  – число отказавших изделий на участке времени  $(t, t + \Delta t)$ ;

$f(t)$  – статистическая оценка частоты отказов изделия;

$\Delta t$  – интервал времени.

Интенсивность отказов характеризуется формулой:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(t)}{\Delta t \cdot n(t)} \quad (2)$$

где  $n(t)$  – среднее число изделий, не отказавших к моменту времени  $(t, t + \Delta t)$ ;

$f(t)$  – статистическая оценка частоты отказов изделия;

$\lambda(t)$  – статистическая оценка интенсивности отказов изделий.

Показатели надежности приборов – основной параметр, сбор которых

должен осуществляться автоматически на основании учета статистики поломок на заданной модели для определенного района плавания.

## 2. Метод алгоритма работы электронных систем в экстремальных условиях судовождения

Источниками исходных данных являются датчики. Существующие данные обрабатываются в блоке вычисления.

Вероятность выхода из строя заданной системы вычисляется по формуле:

$$P_{sys} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \cdot \dots \cdot (1 - P_n) \quad (3)$$

где  $P_{sys}$  – вероятность выхода из строя системы;

$P_1 \dots P_n$  – вероятность выхода из строя установленных приборов.

Для исключения выхода из строя всех навигационных систем на судне принимается значение  $P_{sys} \leq 0,1$ .

Алгоритм оценки навигационного оборудования на заданном маршруте представлен на рисунке 2.

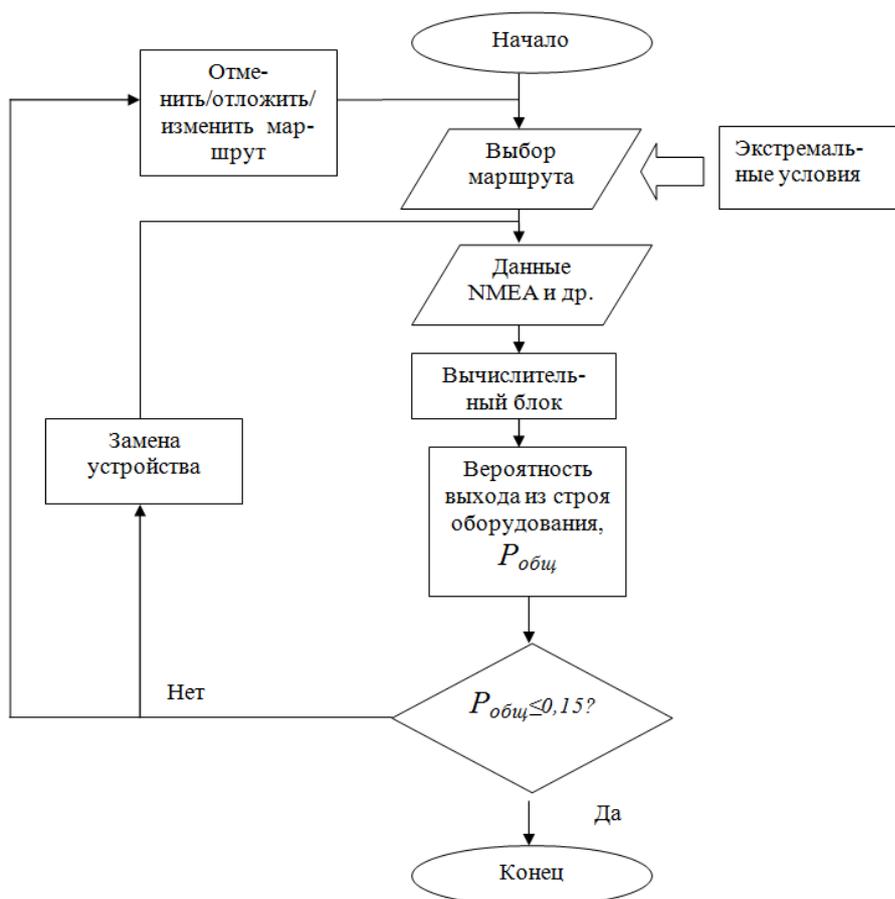


Рисунок 2 – Алгоритм оценки навигационного оборудования на заданном маршруте

## **Результаты исследования и их обсуждение.**

Выбор маршрута Северного морского пути определяется экстремальными навигационными условиями. В качестве расчетных данных используются данные текстового протокола NMEA или другие данные (введенные вручную). В блоке сравнения сравниваются показания взаимозаменяемых величин и вычисляется степень расхождения приборов. На основании данных о гидрометеорологических условиях, а также погрешности приборов и их технических характеристик рассчитывается вероятность выхода из строя заданного устройства [2]. Для группы устройств, являющимися основными навигационными приборами на заданном участке, вычисляется вероятность выхода из строя всей системы Робщ, которая не должна превышать значение 0,15. При неудовлетворении заданным условиям заменяется устройство, которое является самым ненадежным из всей группы устройств и производится замена (при условии, что устройство продублировано). Цикл повторяется до тех пор, пока не будет выполнено одно из двух условий: устройств больше нет, следовательно, происходит замена/перенос/изменение маршрута или условие  $P_{общ} \leq 0,15$  выполняется.

**Выводы.** Навигационные системы согласно требованиям РМРС и СОЛАС дублируются, а также некоторые из них являются взаимозаменяемыми. Это позволяет судоводителю выбирать из всей группы НС группу устройств приоритетной важности и в случае расхождения показаний дублирующих систем использовать системы из таблицы взаимозаменяемости приборов.

## **Список литературы:**

1. Стандарт МТ РФ. Электронные картографические навигационные информационные системы (ЭКНИС). Техничко-эксплуатационные требования. Методы и требуемые результаты испытаний. No.МФ-02-22/848-43.
2. Буров Н.И. Электронная навигация и картография. Под редакцией Козыря Л.А.: ОГМА. – Одесса, 1996.–26 с.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ СУДНА С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

**Аннотация:** Определение осадки судна при помощи методов машинного обучения представляет собой современный и перспективный способ, который позволит увеличить точность измерений и автоматизировать драфт сюрвей. Такой метод предполагает использование цифровой камеры. Для полной автоматизации процесса предлагается использовать беспилотный летательный аппарат, который в автоматическом режиме будет совершать облет судна и производить замеры на марках углубления судна. В работе предлагается алгоритм управления беспилотным летательным аппаратом для выполнения данной задачи.

**Ключевые слова:** драфт сюрвей, осадка судна, компьютерное зрение, БПЛА, ЛСП, автоматизация.

**Abstract:** Ships draft reading using machine learning algorithms is a modern and promising method that will increase the accuracy of measurements and automate draft survey process. This method involves using a digital camera. To fully automate the process, it is proposed to use an unmanned aerial vehicle, which will automatically fly around the vessel and take measurements on ships draft marks. The paper proposes an algorithm of such UAV maneuvering to accomplish draft survey.

**Key words:** draft survey, vessel draft, computer vision, UAV, LPS, automation.

Драфт сюрвей – процесс определения массы груза на навалочных судах по осадке. Осадка судна – вертикальное расстояние, измеренное от верхней кромки киля посередине судна до грузовой ватерлинии. В мировой практике определение осадки судна проводится с лодки или катера, совместно судовым грузовым офицером и представителем сюрвейерской компании. Данный способ обладает целым рядом недостатков. Первым среди которых является низкая точность измерений, которая обеспечивается только опытом офицеров. Также, невозможно оценить достоверность полученных результатов. Следующим недостатком является время – обычно драфт сюрвей занимает порядка полутора часов или больше, и на большинстве судов также проводится вручную.

Учитывая специфику грузовых операций на морских судах третьим недостатком общепринятого способа, являются существенные экономические затраты. Так, необходимо оплачивать услуги сюрвейерской компании, которая при этом не является гарантом точности измерений. В некоторых портах берется

почасовая плата за стоянку в порту или на рейде, а потому время является критическим фактором. Однако основные финансовые расходы возникают в результате неточных измерений осадки судна. Так, ошибка в измерениях даже на один сантиметр может привести к потере сотни тонн груза и более, в зависимости от габаритов судна. При этом на волнении осадка судна определяется с точностью до пяти сантиметров даже опытным офицером.

Для уменьшения финансовых потерь и повышения точности при проведении грузовых операций был разработан ряд способов, однако все они обладают существенными ограничениями как по точности измерений, так и по условиям их использования. Зачастую погрузка судна производится на рейде, а существующие способы не применимы при плохих погодных условиях. В качестве альтернативы, автором был предложен и реализован способ определения осадки судна на основе алгоритмов машинного обучения [1][2].

Для применения предложенного способа необходима лишь цифровая камера с электрическим стабилизатором для уменьшения влияния качки и вибрации. С помощью камеры производится видеосъемка марок углубления судна, по результатам обработки которой и определяется осадка судна. На период внедрения и отладки технологии, видеосъемку можно проводить в качестве дополнения к общепринятому способу с лодки или катера. Полученные данные можно использовать как вспомогательную информацию, а результаты обработки быть использованы при возникновении любого рода споров между заинтересованными сторонами в качестве подтверждающей информации.

Для большей автоматизации процесса снятия замеров предлагается использовать беспилотный летательный аппарат. В долгосрочной перспективе использование БПЛА экономически выгоднее использования катера или лодки портовых служб. Также, это позволит сократить время производства замеров и перспективно с точки зрения оснащения беспилотных судов будущего, работа над которыми ведется уже сейчас.

Взлет и посадку дрона предлагается осуществлять с использованием компьютерного зрения, которое позволяет определить местоположение взлетной

площадки по специальным визуальным маркерам (рис. 1). Данная задача является решенной [4] как на базе классических алгоритмов, позволяющих обнаружить шаблонный объект на изображении, так и с помощью предобученных моделей машинного обучения.

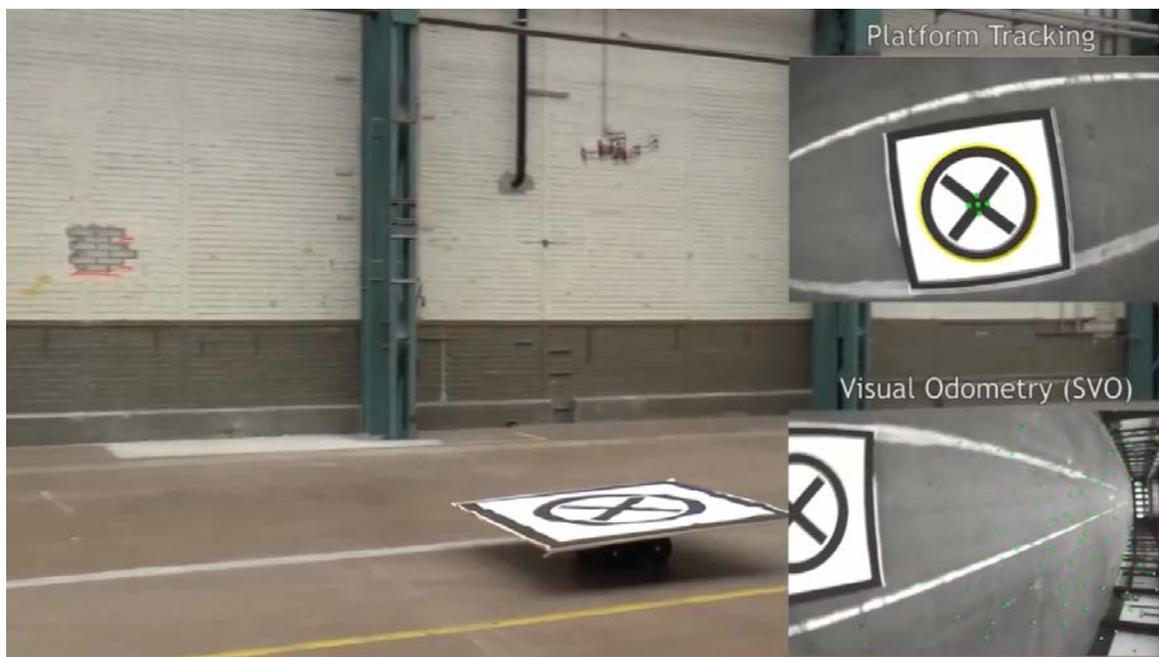


Рисунок 1 – Посадка дрона на платформу с помощью компьютерного зрения

Далее, дрон должен облететь судно, снижаясь в ключевых позициях. На месте поиск марок углубления также производится методами машинного обучения (рис. 2). Для позиционирования дрона предлагается использовать сеть приемопередатчиков, позволяющих определить дистанцию до беспилотного летательного аппарата при этом точности в один метр, будет вполне достаточно, так как позиционирование на ключевых позициях осуществляется с помощью компьютерного зрения.

Определение места осуществляется методом мультилатерации, путем решения системы, состоящей из уравнений сфер дальности (1).

$$\begin{cases} (x(t) - x_1)^2 + (y(t) - y_1)^2 + (z(t) - z_1)^2 = R_1^2(t) \\ \dots \\ (x(t) - x_i)^2 + (y(t) - y_i)^2 + (z(t) - z_i)^2 = R_i^2(t) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $O_i(x_i, y_i, z_i), R_i(t)$  – координаты центров и радиусы сфер расстояний, полученных с приемопередатчиков в текущий момент времени,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $n$  – количество приемопередатчиков.

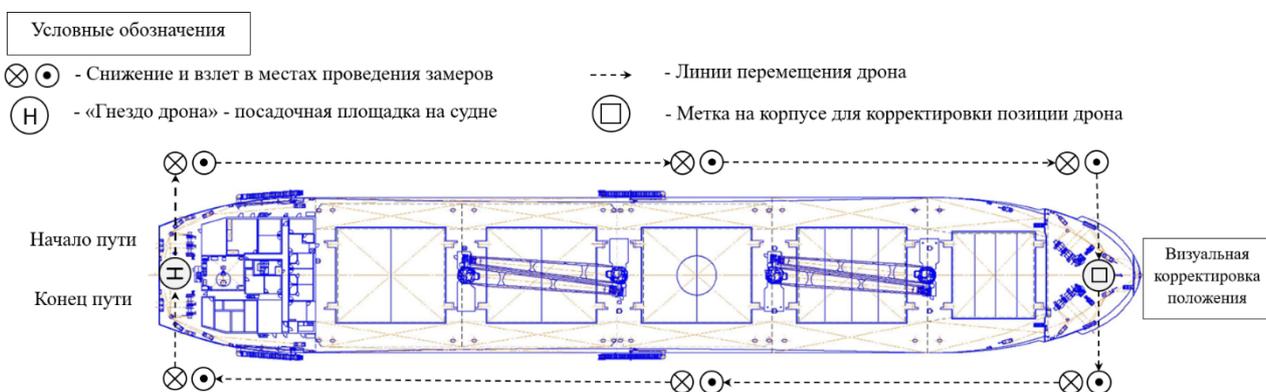


Рисунок 2 – Схема облета судна дроном

Обсервованное место дрона будет находиться в центре многогранника, образованного точками пересечения этих сфер (Рис. 3). Количество приемопередатчиков может отличаться в зависимости от размеров судна и его конструкции, а потому вид области пересечения также может меняться от измерения к измерению. Для исключения ряда неопределенностей дополнительно можно использовать набор ультразвуковых датчиков на дроне, которые позволят оценить высоту дрона над морской поверхностью или судном.

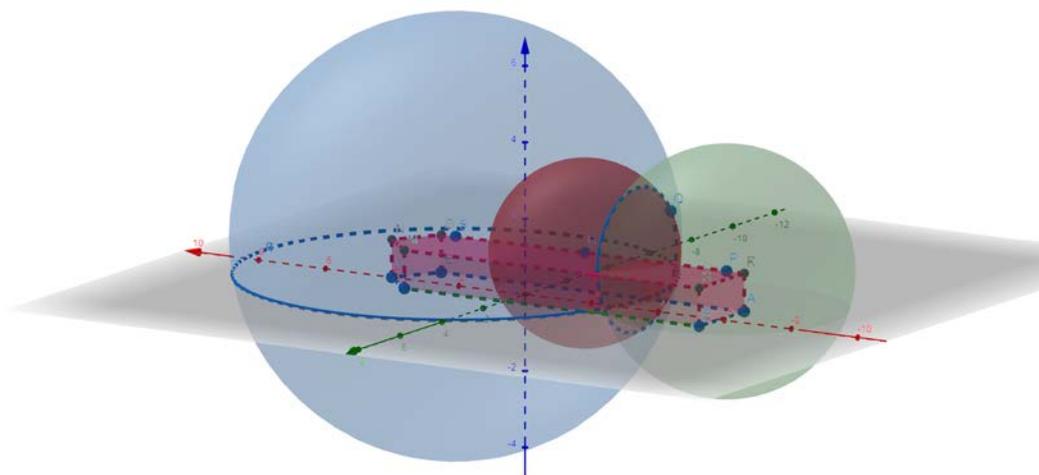


Рисунок 3 – Определение местоположения сфер по датчикам расстояния

Дрон, в совокупности с датчиками расстояния, цифровой камерой, инклинометрами и компьютером для обработки данных представляет собой автоматизированную систему определения осадки судна (рис. 4). Система является автоматизированной за счет доступа оператора к управлению дроном, в случае необходимости, а также именно человек определяет время начала и конца работы системы.

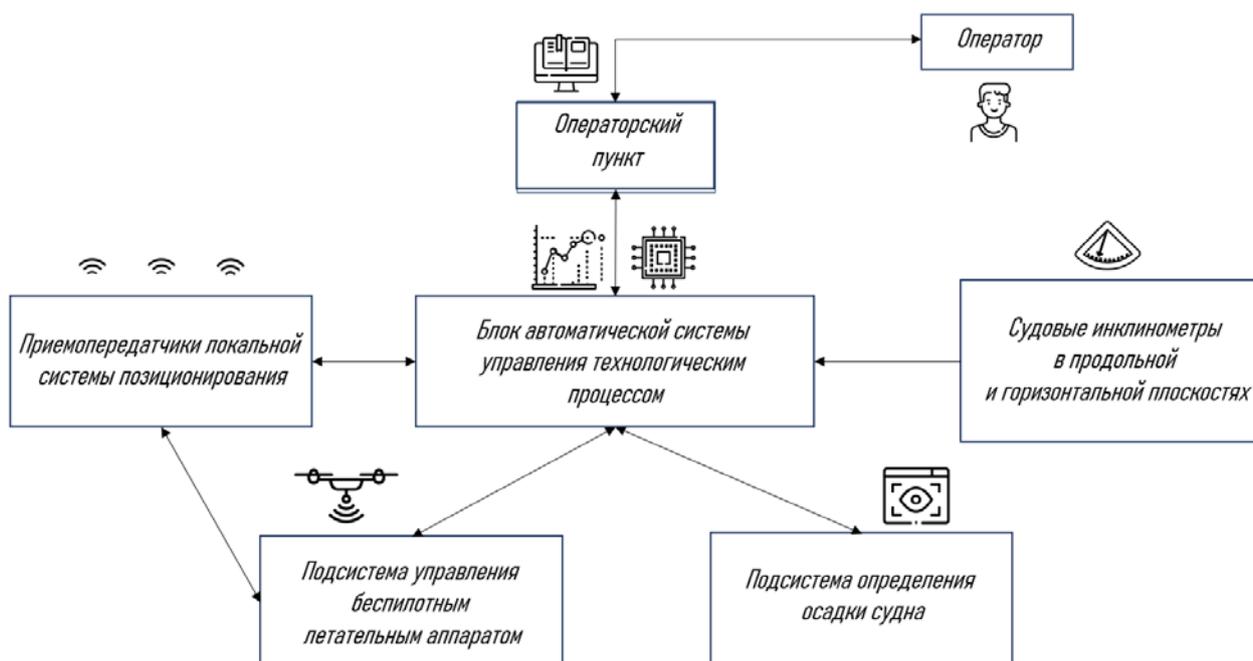


Рисунок 4 – Принципиальная схема автоматизированной системы определения осадки судна

Алгоритм управления дроном в пределах локальной системы позиционирования может быть использован для широкого круга задач, особенно в средах, опасных для человека, а также в задачах, где необходимо проводить монотонную периодическую инспекция стратегически важных объектов. С точки зрения драфт сюрвея, применение дрона для определения осадки судна позволит повысить скорость проведения процедуры, а также проводить измерения даже на беспилотных судах будущего. Предложенная система может использоваться в автоматизированной системе загрузки судна [3] для полной автоматизации планирования и контроля грузовых операций на морском судне.

## Список литературы:

1. Ивановский А.Н., Марковкина Н.Н., Черный С.Г., Выделение марки углубления на изображении с использование алгоритмов компьютерного зрения. / А.Н. Ивановский, Н.Н. Марковкина, С.Г. Черный // Морские интеллектуальные технологии. ISSN: 2073–7173 – 2021. № 1–2 (51). С. 102–107.
2. Ивановский А.Н., Улучшение точности измерения массы груза по осадкам с применением современных информационных технологий / А.Н. Ивановский // В сборнике: Образование, наука и молодежь – 2020. Сборник трудов по материалам II научно-практической конференции студентов и курсантов – 2020. – С. 21 – 24.
3. Ивановский, А.Н. Автоматизированная система определения загрузки судна / А.Н. Ивановский // Первая отраслевая научно-практическая конференция. «Производственные технологии в судостроении - вопросы информатизации» (ПТС ВИ-2021) : Труды конференции, Санкт-Петербург, 21 апреля 2021 года / АО «Центр технологии судостроения и судоремонта». – НТФ «Судотехнология»; АО «ЦТСС»: Центр технологии судостроения и судоремонта, 2021. – С. 90-96.
4. Красовский А.Н., Математическая модель полёта дрона-квадрокоптера и способ гарантированной посадки его в «гнездо» / А.Н. Красовский // Актуальные исследования. Международный научный журнал – № 14 (41) – 2021. – С. 6 –10.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МОРСКОМ ПОРТУ ЕЙСК

**Аннотация:** В статье рассмотрен вопрос обеспечения безопасности морского судоходства в морском порту Ейск. Изучены средства навигационно-гидрографического обеспечения отдела технической инспекции/портовые средства. Указаны границы действующего района обязательной лоцманской проводки в морском порту Ейск. Представлена информация об аварийных ситуациях в морском порту Ейск с 2016 года.

**Ключевые слова:** обеспечение безопасности морского судоходства, морской порт Ейск.

**Abstract:** The article deals with the issue of ensuring the safety of maritime navigation in the seaport of Yeisk. The means of navigation and hydrographic support of the technical inspection department/ port facilities were studied. The boundaries of the active area of compulsory pilotage in the seaport of Yeisk are indicated. Information on emergency situations in the seaport of Yeisk since 2016 is provided.

**Key words:** ensuring of safety of maritime navigation, the seaport of Yeisk.

Безопасность является основным качеством, необходимым для всех видов транспорта. Особое значение она приобретает в морском судоходстве. Значительные размеры морских судов, рост скоростей движения, увеличение интенсивности движения на морских путях, плавание судов в сложных метеорологических условиях и другие причины часто приводят к аварийности судов морского транспорта, снижение статистики аварий и аварийных случаев, а так же их своевременное расследование оказывают наибольшую актуальность при оценке современного состояния и развития морского судоходства.

В связи с этим, остро встает проблема своевременного расследования происшествий на море, каждая ситуация должна быть проанализирована и расследована должным образом, это поможет повысить безопасность судоходства в целом, так как поможет разработать новые критерии безопасности, которые позволят повысить уровень безопасности на судах, а затем и на всем флоте. Несмотря, на принимаемые в настоящее время усилия, продолжают происходить аварии и инциденты, приводящие к гибели людей и судов, а также загрязнению морской среды.

На данном этапе, стремятся повысить безопасность, а следовательно понизить аварийность, с помощью внедрения различных научных и технических достижений, однако, количество аварий и катастроф не сокращается.

Морской порт Ейск расположен на территории Краснодарского края в юго-западной части Таганрогского залива Азовского моря близ устья реки Ея у основания Ейской косы, разделяющей воды залива и Ейского лимана.

Акватория порта ограничена отделяющими ее от открытого моря Западным молотом, Северным и Восточным молами. В нее ведет подходной канал длиной 2223м (1,2 мили), шириной 80 м и глубиной 4,6 м. Порт доступен для судов с осадкой до 4,5 м и длиной до 150 м.

Причалы построены на берегу искусственной бухты в 1902-1903г.г. и реконструированы в 1959-1961г.г. Морской порт Ейск - порт ковшевого типа, с вертикальной стенкой.

В морском порту Ейск в настоящее время имеется 12 грузовых причалов и один пассажирский причал, построены два нефтеналивных терминала.

Пассажирский причал длиной 128 метров расположен в южной части морского порта и в настоящее время используется для отстоя судов портового флота.

Морской порт Ейск был открыт для международного морского сообщения Распоряжением Совета Министров - Правительства РФ от 10 августа 1993г. №1443-р и в настоящее время на территории морского порта Ейск осуществляют эксплуатацию морских терминалов, операции с грузами, в том числе их перевалку, обслуживание судов, иных транспортных средств шесть операторов морских терминалов:

- ОАО «Ейский морской порт»;
- ОАО «Ейский портовый элеватор»;
- ООО «Директория-новый морской порт»;
- ООО «Ейск-порт-Виста»;
- ООО «Ейск-Приазовье-Порт»;
- ЗАО «Азовская судоремонтная компания».

В сферу деятельности службы капитана морского порта Ейск входит береговая линия и прилегающая акватория Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря. С севера ограничена административной границей с Ростовской областью, с юга пересечением с параллелью  $45^{\circ}59'$  в границах которой, находится морской терминал в г. Приморско-Ахтарск.

Границы морского порта Ейск установлены Распоряжением Правительства Российской Федерации №549-Р от 22 апреля 2009 года.

Морской терминал Приморско-Ахтарск расположен в восточной части Азовского моря на выходе из Ахтарского лимана и имеет хорошую естественную защиту с трёх сторон: с запада – Ачужевской косой, ограничивающей Ахтарский лиман, с юга и востока – берегами лимана. С северной стороны защищён бетонным молотом (450м) на деревянном свайном основании. В середине 50-х годов для защиты акватории терминала с запада и юго-запада построено защитное сооружение лёгкого типа в виде двойного сплошного ряда деревянных свай с каменной наброской. Общая длина дамбы 1332м.

Портовый бассейн и подходной канал к порту были вычерпаны в 1912 году на глубину 3,35 м. Впоследствии, глубины 2,45 м – 2,75 м по каналу и 2,75 м – 3,0 м в бассейне порта поддерживались черпанием. Канал имел длину 5 км. В 50-е - 70-е годы морской канал и акватория порта поддерживались для захода судов с осадкой 2,70 м. Морской канал имел длину 7,6 км. На участке канала от 0 до 2 км канал имел глубину 3,8 м; от 2 до 7,6 км – 4,4 м. В отдельные периоды времени в порт могли заходить суда с осадкой 3,3 м.

В настоящее время на территории морского терминала Приморско-Ахтарск морского порта Ейск осуществляют свою деятельность следующие компании:

- ЗАО «Ахтарская судовой верфь»;
- ООО «Ахтарский рыбзавод».

Предупреждения:

1. В соответствии с Режимом плавания судов в Черном и Азовском морях (сводное описание), адмиралтейский номер 4245, издание 2003 года, акватория морского торгового порта Ейск входит в бывший опасный от мин район №64, где

постановка судов на якорь вне объявленных районов якорной стоянки не рекомендуется, а при производстве работ, связанных с касанием грунта, необходимо учитывать возможное наличие на грунте мин или других взрывчатых веществ.

2. В акватории морского торгового порта Ейск, вне пределов района якорной стоянки исключается любой вид деятельности, связанной с касанием грунта, до ликвидации остаточной минной опасности и объявлении о ее снятии в Извещениях мореплавателям [1].

Навигационно-гидрографическое обеспечение ОТИ/ПС осуществляет Ейское управление АЧБФ ФГУП «Росморпорт». Описание средств навигационного оборудования ОТИ/ПС приведено в таблице 1

Таблица 1 – Средства навигационного оборудования

| № п/п | Штатный номер буй | Название буй                      | Координаты                         | Период действия | Тип буй | Глубина установки, м | Цвет буй                            |
|-------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------|---------|----------------------|-------------------------------------|
|       |                   |                                   | СК-42<br>широта, N.<br>долгота, E. |                 |         |                      |                                     |
| 1     | 5020              | Светящийся буй осевой             | 46° 45' 00,0"<br>38° 14' 31,0"     | Летний период   | МК      | 6,0                  | Красные и белые вертикальные полосы |
| 2     | 5021              | Светящийся буй № 2 левой стороны  | 46° 44' 47,6"<br>38° 14' 52,9"     | Летний период   | РБ-4-01 | 5,0                  | Красный                             |
| 3     | 5022              | Светящийся буй № 3 правой стороны | 46° 44' 45,7"<br>38° 14' 50,3"     | Летний период   | РБ-4-01 | 5,0                  | Зеленый                             |
| 4     | 5023              | Светящийся буй № 4 левой стороны  | 46° 44' 31,5"<br>38° 15' 17,5"     | Летний период   | МК      | 5,0                  | Красный                             |
| 5     | 5024              | Светящийся буй № 5 правой стороны | 46° 44' 29,6"<br>38° 15' 15,0"     | Летний период   | МК      | 5,0                  | Зеленый                             |
| 6     | 5026              | Светящийся буй № 6 левой стороны  | 46° 44' 15,8"<br>38° 15' 41,5"     | Летний период   | РБ-4-01 | 5,0                  | Красный                             |
| 7     | 5027              | Светящийся буй № 7 правой стороны | 46° 44' 14,0"<br>38° 15' 38,9"     | Летний период   | РБ-4-01 | 5,0                  | Зеленый                             |
| 8     | 5065              | Светящийся буй № 8 левой стороны  | 46° 43' 54,5"<br>38° 16' 18,5"     | Летний период   | МК      | 4,0                  | Красный                             |

Границы действующего района обязательной лоцманской проводки в морском порту Ейск представлены на рисунке 1.

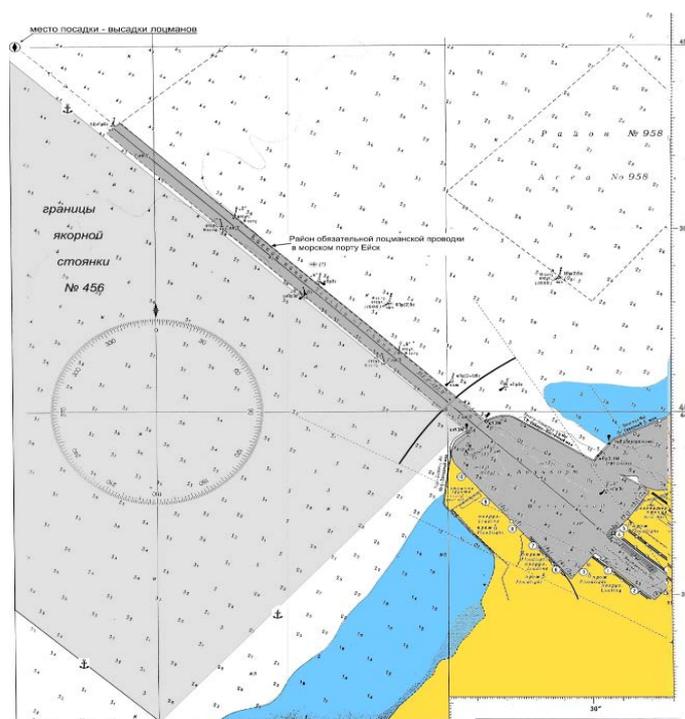


Рисунок 1 – Карта-схема границ действующего района обязательной лоцманской проводки в морском порту Ейск

Мною собрана статистическая информация об аварийных ситуациях в морском порту Ейск с 2016 года.

2016 год – 3 аварийных случая:

– 18.03.2016 г. 14.00 мск. т/х «Azov Concept» (флаг Malta), ИМО № 9345726, судовладелец AZMARINE CO.LTD, оператор ALBROS SHIPPING AND TRADING LTD), во время швартовных операций во внутренней акватории порта произвел навал на причал № 5 АО «Ейский Морской Порт».

В результате навала судно и причал повреждений не получили, пострадавших нет, загрязнения окружающей среды нет.

– 04 декабря 2016 г. 11.07 мск. т/х «Bellatrix» (флаг Того, ИМО № 8230405, судовладелец «Bellatrix Shipping LTD»), следуя на выход из порта по Ейскому подходному каналу сел на мель, повреждений корпуса нет, пострадавших нет, загрязнения окружающей среды нет.

Последствия: простой судна 5 часов, материальные затраты на привлечение портовых буксиров для снятия судна с мели.

– 30 декабря 2016 г. 12:30 мск. т/х «Галиса», флаг (Молдова), ИМО 8301838, судовладелец «STA TRADING AND SHIPPING LTD CORP», во время швартовных операций во внутренней акватории порта произвел навал на т/х «Волго-Балт 236» (флаг Белиз, ИМО 8230508, судовладелец «IVORY BAY LTD», оператор «SL SHIPPING LTD»). В результате навала т/х «Волго-Балт 236» получил пробоину в корпусе выше ватерлинии, т/х «Галиса» повреждён корпус нет, пострадавших нет, загрязнения окружающей среды нет.

Последствия: простой судов т/х «Волго-Балт 236» и т/х «Галиса», связанный с ремонтом т/х «Волго-Балт 236» и урегулированием материальных затрат.

2017 год – 1 аварийный случай:

– 02.05.2017 г. в 01.57 мск., в акватории морского порта Ейск произошло столкновение т/х «VOLGA-4051» (флаг St. Kitts and Nevis, ИМО № 8720228, судовладелец Albros Shipping & Trading Ltd), заходящего в морской порт, с т/х «ВОЛЖСКИЙ-47» (флаг Россия, ИМО № 89335664, судовладелец ПАО «Северо-Западное Пароходство»), выходящим из морского порта.

В результате столкновения оба судна получили повреждение корпуса, а также непроизводительный простой, связанный с ремонтом судов.

Причины аварийного случая: несоблюдение капитаном «VOLGA 4051», требований нормативных документов регламентирующих преимущество движения судна находящегося справа при пересечении курсов.

Аварийный случай расследовался госинспекторами Ространснадзора.

2018 год – аварийных случаев нет

2019 год - 1 аварийный случай:

– Т/х «Нова» во время швартовки к причалу произвел навал и повредил гидротехническое сооружение «Западная шпора».

Считаю, что средств навигационного оборудования ОТИ/ПС в морском порту Ейск для обеспечения навигационной безопасности достаточно.

#### **Список литературы:**

1. Официальный сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «АДМИНИСТРАЦИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ АЗОВСКОГО МОРЯ» Ейский филиал. Режим доступа: <http://eisk.azovseaports.ru/informatsiya/8200-informatsiya.html>

## ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ПОНЯТИЯ «CONFIDENTIAL» В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ СУДНА

**Аннотация:** План охраны (SSP) находящийся на борту судна в виде буклета, не является обязательным объектом проверки должностными лицами в порту. В тоже время согласно требованиям раздела 9, пункт 8, части А ISPS Code некоторые разделы SSP быть подвергнуты ограниченной проверке. Нередко в таких ситуациях возникают непонимания между двумя сторонами, так как на SSP имеется надпись «Confidential». Понятие «конфиденциальность» и «конфиденциальная информация» является распространенным понятием и в законодательствах многих стран, как правило, не имеет четкого определения (например, в российском законодательстве). Понятие «конфиденциальность», часто приравнивают к «секретности». В статье рассматриваются понятия «конфиденциальность» и «секретность» применительно в отношении между судном и портом, и рекомендуемые действия капитана судна при проверках.

**Ключевые слова:** Судно, ISPS Code, план охраны судна, конфиденциальность, секретно.

**Abstract:** The Security Plan (SSP) was on board the ship as a video signal, not required. In accordance with the requirements of section 9, paragraph 8, part of the ISPS Code, some sections of the SSP must be subject to limited verification. SSP says «Confidential».

The concept of “confidentiality” and “confidential information” is a common concept and in the laws of many countries, as a rule, it does not have a clear definition (for example, in Russian legislation). The concept of "confidentiality" is often equated with "secrecy." The article discusses the concepts of "confidentiality" and "secrecy" in relation to the relationship between the vessel and the port, and the recommended actions of the ship's master during inspections.

**Keywords:** Ship, ISPS Code, ship security plan, confidentiality, secret.

**Введение.** Одним из обязательных документов для судов, соответствующих требованиям правила 3 Главы XI-2 Конвенции SOLAS – 74 (Международной конвенции об охране человеческой жизни на море), является наличие Ship security plan (Плана охраны судна). Ship Security Plan (SSP), разработан для обеспечения выполнения требований, предъявляемых Международной конвенции по охране судов и портовых средств - International Ship and Port Facility Security (ISPS Code), направленных на защиту судна, людей и груза от рисков связанных с нарушением охраны.

Ship Security Plan как правило разрабатывается судоходной компанией (или одобренной в области охраны организацией) и одобряется Администрацией флага судна.

В разделе 9, пункт 7, части А ISPS Code, содержится требование защиты SSP от несанкционированного доступа или разглашения. Как правило, SSP (раздел 9, пункт 8, части А ISPS Code) не является объектом проверки должностными лицами в порту. В тоже время, если возникают основания полагать, что судно не соответствует требованиям Главы XI-2 Конвенции SOLAS – 74 или части А ISPS Code и единственным способом проверить или исправить несоответствие является ознакомление с соответствующими требованиями, содержащихся в SSP, то допускается ограниченный доступ разделам плана. Согласие на предъявление SSP к проверке дает капитан судна. При такой проверке не предъявляется информация содержащихся в подпунктах .2, .4, .5, .7, .15, .17 и .18 пункта 9.4 части А ISPS Code.

При разработке SSP, как правило, в качестве примера используется разработанный Международной морской организацией (ИМО) типовой план. В верхнем колонтитуле типового плана, содержится две надписи: Ship Security Plan и Confidential.

Надпись конфиденциально (Confidential), часто вызывает непонимание командного состава судна. При исполнении обязанности Офицера охраны компании (Company security officer (CSO)), и при чтении лекций по ISPS Code, ко мне часто обращаются с вопросом, «как я (капитан судна), могу предъявлять для проверки SSP, если он является секретным».

Становится очевидным, что часто отсутствует понимания в отличии термина «конфиденциальность» от слова «секретно». Кстати, слово «секретно», достаточно распространено в информационном пространстве и зачастую в общественной жизни воспринимается в достаточно широком смысле.

**Цель исследования.** Исследовать значение слова «Confidential» при реализации положений требований ISPS Code на судне с учетом законодательного понимания его значения в ряде стран, а также сложившейся морской практике в этом вопросе.

По результатам проведенного исследования о применении термина «конфиденциальность» в отношениях между судном и портом, разработать рекомендации по действиям капитана судна и офицера охраны судна при проверках.

**Материалы и методы исследования.** Рассмотрены требования по законодательному обеспечению работы с конфиденциальной информацией, как на государственном, так и на межгосударственном уровнях государств – членов Международной морской организации (ИМО). Также изучены основные положения Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и защите информации», Указ Президента РФ «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера», а также директивы стран Европейского союза и др.

В проведенном исследовании учтена мировая практика связанная с проверкой судов, на соответствие требованиям ISPS Code, в портах

**Результаты исследования и их обсуждение.** Так как же предъявлять SSP, кому, какая будет ответственность если информация ограниченная в доступе, в результате проверки, содержащиеся в плане окажется в раскрыта? Попытаемся разобраться в данном вопросе.

Термин «секретность» имеет конкретное содержание и применяется для защиты государством сведений, распространение которых может нанести ущерб ее безопасности. Существует понятие «государственная тайна», которая защищается государством соответствующим законом. В частности в Российской Федерации – Закон РФ от 21.07.1993 г. №5485-1 «О государственной тайне».

В странах, членов ИМО также существуют законы о защите таких сведений, они отличаются друг от друга, но имеют общие черты.

Перечень сведений, которые могут попадать под такую защиту достаточно конкретен, и как правило относятся к таким категориям как:

- военное направление;
- современные научные исследования;
- новые, не имеющие мировых аналогов, технические разработки;
- внешняя политика и экономика;

– разведывательная, контрразведывательная, оперативная и розыскная деятельность.

Законами запрещается исполнителям, засекречивать информацию, содержащуюся в разрабатываемых ими документах, если она не включена в категории, которые определены в «Законе о государственной тайне». Более того, за такие действия в законах предусмотрена достаточно серьезная ответственность в виде наказаний.

Документы содержащую информацию, отнесенную к государственной тайне, хранятся в защищенных местах (лицензируемые государством) и содержит перечень должностных лиц, которые имеют к ней доступ. Это перечень определяется не только наличием форм допуска к государственной тайне, но и необходимостью работы с ней, для исполнения своих служебных обязанностей.

Работа исполнителей, с документами содержащими государственную тайну, проводится в специально отведенных помещениях, оснащенные техническими средствами защиты информации.

Как правило, сведения, содержащие государственную тайну, разделяют на несколько степеней секретности (в Законе РФ – три степени).

Оформляется допуск к работе с документами содержащую государственную тайну, только гражданам страны, к которой она принадлежит. Допуск лиц к работе с такими документами оформляют уполномоченные государством организацией, после тщательной проверки гражданина, которому для выполнения своих функциональных обязанностей по должности необходимо иметь доступ к документам содержащих государственную тайну. С гражданина получившего доступ берется обязательство, о недопущении распространения информации, и об его уголовной ответственности в случае нарушения.

За разглашение государственной тайны, нарушение процедуры работы с такими документами предусмотрены достаточно серьезные наказания (вплоть до максимальных сроков, определенными законами страны).

Во многих странах, граждане работающими с секретными документами имеют различные ограничения в личной жизни (ограничения в выездах за гра-

ницу, общения с незнакомыми людьми, информирование о подозрительных контактах с посторонними лицами и многие другие).

Является ли информация, содержащая в SSP «секретной» мы можем определить, ответив на несколько вопросов:

- капитан судна всегда ли является гражданином страны (судоходной компании) флага?;
- определено ли конкретное защищенное место хранения SSP?;
- имеется ли у капитана форма допуска?;
- подписывал ли капитан обязательство о неразглашении?;

Ответ очевиден.

Так что же означает и к чему обязывает «Confidential» для Ship Security Plan? В переводе с латиницы «Confidential» означает доверие, т.е. предполагает необходимость неразглашения или утечки какой-либо информации. В широком смысле «секретно», попадает в термин «Confidential», но не в данном случае.

В разных странах конфиденциальность и информация, относящаяся к конфиденциальной, определяется по-разному с учетом области ее применения.

Конфиденциальность охватывает достаточно большое количество областей применения, например защита: технологий, данных компьютерных сетей, персональных данных, авторских прав, и др.

Также существуют законодательное обеспечение работы с конфиденциальной информацией, как на государственном, так и на межгосударственном в виде соглашений и директив, позволяющих регламентировать и квалифицировать возможные нарушения.

В частности в российском законодательстве, можно назвать ФЗ «Об информации, информационных технологиях и защите информации» и указ Президента РФ «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера». В странах Европейском союза это директивы: ЕС 95/46ЕС, 202/58/ЕС, ETS 108, ETS 181, ETS 185, ETS 189.

Конфиденциальная информация, как правило, доступна большим количеством людей, обязанность которых не допустить ее разглашение.

Информацию, относящуюся к конфиденциальной определяет так называемый «оператор», и ее можно получать и обрабатывать «обработчику» только с разрешения «оператора», если оно не определено законом. Т.е такая информация не должна быть доступна «третьим лицам».

В компаниях, которые заинтересованы в защите конфиденциальной информации могут быть разработаны механизмы и процедуры обеспечивающих неразглашение такой информации. Также при заключении трудового контракта, работники могут подписывать приложение к нему в виде «Обязательства о неразглашении конфиденциальной информации», в которой содержится перечень обязательств работника и предупреждение об его ответственности в случаях нарушения (как правило, дисциплинарная ответственность).

Понимая, что четкого определения «конфиденциальная информация» в широком его понимании нет, то ее можно свести к двум видам: принудительную (secrecy) и добровольную (privacy).

В первом случае, имеется в виду информация представляющую государственную тайну, доступную ограниченному кругу официальных лиц, как правило, государственного органа и соответствует термину «Secret». Во втором случае, имеются в виду прерогативы личности и к ней можно отнести «Confidential».

Хотя «Secret» и «Confidential» схожи по содержанию, они в тоже время противоречат друг другу. Усиление первой уменьшает значимость второй.

В тоталитарных государствах всю информацию подобного рода, как правило, относят к «Secret» и термин «Confidential» практически не применяется.

**Выводы.** Предъявляя для проверки Ship Security Plan (SSP) с грифом «Confidential» в соответствии с разделом 9, пункт 8, части А ISPS Code, капитан обязан не допустить дальнейшего распространения содержащейся в SSP информации, во всех формах (копирование, сканирование фото и съемка).

В случае если при проверки, капитан по неосмотрительности или под давлением проверяющего (что с достаточно высокой степени вероятно), предъявил информацию содержащихся в подпунктах .2, .4, .5, .7, .15, .17 и .18 пункта

9.4 части А ISPS Code, он должен доложить об этом факте офицеру охраны компании (CSO).

Информация о происшествии, не смотря на возможные «неприятности» для капитана необходимо предоставить в судходную компанию, для проведения анализа и выработки мероприятий для недопущения повторения такого инцидента в будущем не только на данном судне, но и на других судах компании (путем их информирования).

Об уголовном преследовании со стороны государства флага не может быть и речи. Максимальное наказание возможно в виде дисциплинарного взыскания капитана судна от судходной компании. Последнее также маловероятно, впрочем, это зависит от обстановки при которой произошел данный инцидент и от профессиональной компетенции офицера охраны компании (CSO).

### **Список литературы:**

1. Бендус И.И. Основы охраны судна: Курс лекций./ И.И. Бендус. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2015. - 122 с.
2. Закон РФ от 21.07.1993 г. №5485-1 «О государственной тайне».
3. Кодекс торгового мореплавания РФ от 30.04.1999 г. № 81-ФЗ (ред. От 26.11. 2019 г.
4. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (СО-ЛАС-74). (Консолидированный текст, измененный Протоколом 1988 года к ней, с поправками), - СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2016. - 992 с.
5. Международный кодекс по охране судов и портовых средств (Кодекс ОСПС), 2-е издание, исправленное и дополненное, - СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2009. - 272 с.
6. Международная Конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (ПДМНВ-78) с поправками (консолидированный текст), - СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010 г. - 806 с.
7. Указ Президента РФ от 06.03.1997 г. «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера».
8. Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и защите информации»

## ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКНИС

**Аннотация:** Описание особенностей настройки параметров безопасности ЭКНИС, их расчета, назначение категорий зон доверия данным CATZOC.

**Ключевые слова:** ЭКНИС, параметры безопасности, контур, ENC, CATZOC.

**Abstract:** Description of configuring ECDIS safety parameters specifics, their calculations, CATZOC purpose.

**Key words:** ECDIS, safety parameters, contour, ENC, CATZOC.

### Введение

В настоящее время ЭКНИС стала одним из наиболее важных инструментов для несения навигационной вахты штурманов на судах. Навигация на судне при помощи ЭКНИС принципиально отличается от навигации по бумажным картам. Важно, чтобы штурмана, вахтенные помощники и судовладельцы знали об особенностях управления отображением электронной карты, настройками безопасности и системой сигнализации ЭКНИС.

Правильно выполненные настройки безопасности ЭКНИС имеют первостепенное значение для безопасного мореплавания. Эти настройки управляют тем, как ЭКНИС представляет информацию о глубинах и изобатах, значительно облегчая визуализацию областей воды, в которых судно может перемещаться безопасно и тех, в которые безопасными не являются.

Использование настроек безопасности ЭКНИС часто игнорируется штурманами из-за незнания или недостаточных знаний. Не правильно выполненные настройки могут сделать сигналы тревоги контуров безопасности бессмысленными. Вахтенные помощники могут быть незнакомы с настройкой и использованием сигналов тревоги ЭКНИС, что увеличивает риск посадки судна на мель на мелководье и вызывает другие нежелательные ситуации.

В ЭКНИС есть четыре настройки безопасности имеющие ключевое значение для безопасной навигации, а именно: контур мелководья (shallow contour), безопасный контур (safety contour), безопасная глубина (safety depth) и контур глубоководья (deep contour).

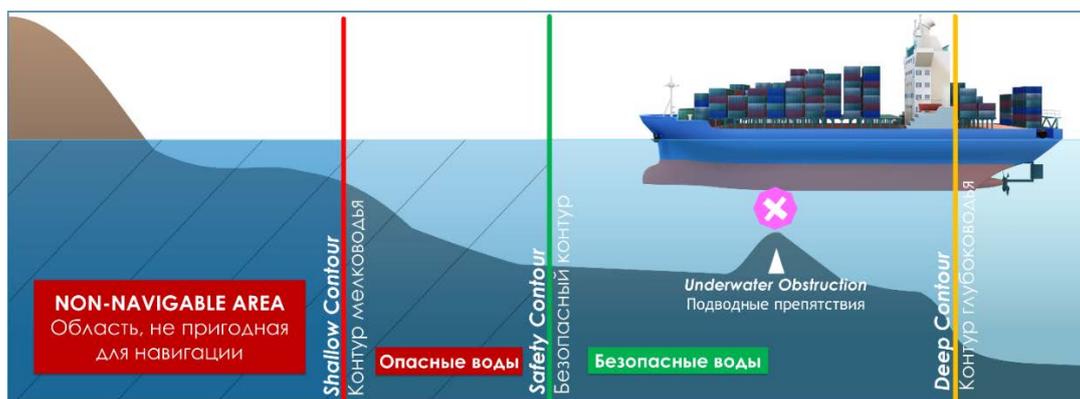


Рисунок 1 – Контур безопасности ЭКНИС

### Контур мелководья (shallow contour)

Контур мелководья показывает градиент морского дна. Он считается глубиной посадки на мель. Контур мелководья следует устанавливать равным динамической осадке судна с округлением до целых в большую сторону, при этом ЭКНИС отобразит следующий контур глубины, доступный в ENC. Таким образом все области между нулевой глубиной и контуром мелководья являются полностью непригодными для навигации.

Разделение опасных и безопасных вод отмечается на карте при помощи цвета. При этом синим обозначены небезопасные области, а белым или серым – безопасные. Небезопасная область, отделенная контуром мелководья, дополнительно отмечается тёмно-синим цветом, если в настройках ENC выбрано отображения контуров 4 оттенками.

### Безопасный контур (safety contour)

Безопасный контур является наиболее важным из параметров настроек безопасности ЭКНИС. Он предназначен для отображения небезопасных акваторий, обнаружения изолированных опасностей и подачи сигналов тревоги, препятствующих посадке судна на мель.

Контур безопасности представляет собой вертикальную плоскость, которая разделяет собой безопасные и небезопасные воды и показывает минимальную безопасную для навигации глубину на данном плече маршрута

Синий цвет используется для обозначения небезопасных зон, а белый или серый - для безопасных. По умолчанию безопасный контур имеет значение 30м.

На традиционной бумажной карте безопасный контур является постоянным и не дает точного представления о мелководье, то есть глубины, указанные в синей части бумажной карты, могут быть опасны для судна с большой осадкой, но безопасны для судна с меньшей.

В отличие от бумажных карт ЭКНИС позволяет штурману устанавливать параметры безопасности в соответствии со статическими или динамическими характеристиками судна, а также окружающей обстановкой.

Безопасный контур можно рассчитать следующим образом:

$\text{Safety contour} = \text{draft (осадка)} + \text{squat (динамическое проседание)} + \text{УКС} - \text{tide (высота прилива)}$ .

Обычно согласно политике компании, требование УКС составляет 10% от динамической осадки судна, но стоит помнить, что при расчете УКС учитываются различные факторы, такие как состояние моря, увеличение осадки, точность навигационной карты и т.д., и по необходимости может быть увеличена.

Контуров присутствуют в значениях 5, 10, 15, 20, 30 и так далее. Если значение, установленное штурманом, недоступно, ЭКНИС выбирает следующий самый глубокий из доступных контуров в ENC.

Если в течение определенного заданного пользователем времени, судно собирается пересечь контур безопасности, раздастся звуковой сигнал тревоги. Также основываясь на значении контура безопасности, ЭКНИС отображает символ изолированной опасности для подводных объектов и препятствий, которые могут представлять опасность для навигации. Он отображается, если глубина любого подводного объекта, такого как затонувшие суда, камни или другие препятствия, меньше, чем контур безопасности в водах за пределами контура безопасности.

Безопасная глубина (safety depth)

Целью параметра «безопасная глубина» является отображение точечных замеров глубин безопасных для навигации. При этом опасные глубины отображаются черным шрифтом, а безопасные серым, тем самым выделяя потенциально опасные и безопасные акватории. Значение безопасной глубины не влияет на сигналы тревоги или другие аспекты ЭКНИС.

Безопасная глубина рассчитывается также как безопасный контур, следующим образом:

$\text{Safety depth} = \text{draft (осадка)} + \text{squat (динамическое проседание)} + \text{УКС} - \text{tide (высота прилива)}$ .

Параметр безопасная глубина предназначен для обхода ограничений контуров безопасности ЭКНИС, которые имеют шаг и при несовпадении значений округляются в большую сторону.

Таким образом параметр безопасная глубина предоставляет штурману набор дополнительной информации о том, где судно может безопасно пройти, если потребуется пересечение безопасного контура (сигнал тревоги все равно будет звучать). Это позволяет предоставить дополнительное пространство для маневрирования в каналах и узких пространствах, где есть безопасные глубины.

Контур глубоководья (deep contour)

Контур глубоководья предназначен для отображения глубин, на которых у судна может возникнуть проседание при на боре скорости и обычно устанавливается в два раза больше, чем осадка корабля. Однако штурманы могут использовать значение глубоководного контура по своему усмотрению.

Категории зон доверия данным (Zone Of Confidence CATZOC)

В процессе расчёта безопасной глубины также важно учитывать особенности CATZOC (Категории зон доверия данным). Мы должны понимать, что большая часть данных, отображаемых на ENC, основана на исследованиях, которым много лет и, следовательно, нельзя полностью полагаться на их достоверность. CATZOC используется для определения точности, лежащих в основе гидрографических данных. Это позволяет мореплавателю принимать разумные решения относительно степени уверенности в карте при планировании перехода или в процессе навигации.

К типам ожидаемых ошибок по глубинам можно отнести:

- Не точное значение замера глубины.
- Не точное положение, в котором отмечена эта глубина.

Если бы возможные ошибки значения и положения глубины, были постоянными на картах, было бы проще просто применить постоянную ошибку. Но эти ошибки не являются постоянными. По мере развития технологий показания этих параметров становились более точными, а погрешности незначительными. Но как узнать, какие показания точны, а какие нет и какие максимальные погрешности можно от них ожидать? Для этого были созданы категории зон доверия данным CATZOC.



Рисунок 2 – Настроенные параметры безопасности ЭКНИС

Каждой зоне доверия (CATZOC) были присвоены максимальные погрешности, которые могут быть в значениях глубин и их позиций, отмеченных на картах.

В ECDIS информация CATZOC отображается в виде символов, различающихся количеством звезд количества звезд. Каждый символ представляет определенную категорию «зоны доверия данным».

В зависимости от погрешности значения и положения глубины CATZOC доступны в шести категориях:

| Zone of Confidence<br>(ECDIS Symbol)  | Position Accuracy    | Depth Accuracy                        |
|---|----------------------|---------------------------------------|
| <b>A1</b>  | 5 Meters             | 0.5 Meters + 1% of Depth              |
| <b>A2</b>  | 20 Meters            | 1.0 Meters + 2% of Depth              |
| <b>B</b>   | 50 Meters            | 1.0 Meters + 2% of Depth              |
| <b>C</b>   | 500 Meters           | 2.0 Meters + 5% of Depth              |
| <b>D</b>   | More than 500 Meters | More Than<br>2.0 Meters + 5% of Depth |
| <b>U</b>   | Not Assessed         | Not Assessed                          |

Рисунок 3 – CATZOC

Так ENC с шестью звездами будет означать, что информация в этой ENC является очень точной, а с тремя и менее – имеет большие погрешности.

Заключение. Настройки параметров безопасности ЭКНИС имеют ключевое значение для безопасной морской навигации. Штурману и вахтенному помощнику необходимо знать об особенностях настройки безопасности ЭКНИС, а также уметь ими пользоваться.

### Список литературы

1. Полтавский С.В. Электронные картографические навигационные информационные системы: практикум к практ. занятиям для курсантов специальности 26.05.05 Судовождение оч. и заоч. форм обучения / сост.: Полтавский С.В.; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования “Керч. гос. мор. технолог. ун-т”, Каф. судовождения и промышленного рыболовства. – Керчь, 2020. – 60 с.
2. Capt Rajeev Jassal Here is What a brilliant Passage plan on ECDIS Looks Like [Электронный ресурс] 20.04.2021
3. Режим доступа: <https://www.myseatime.com/blog/detail/position-fixing-the-most-important-element-of-passage-planning>
4. Paromita Mukherjee Proper Use Of ECDIS Safety Settings [Электронный ресурс] 17.04.2021
5. Режим доступа: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/proper-use-of-ecdis-safety-settings/>

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОПАСНОГО СУДОВОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

**Аннотация:** Помехоустойчивость в зоне Арктики в настоящее время определяется недостаточно точно, так как для распространения сигнала в этих условиях существует ряд особенностей: на него влияют северные сияния и другие возмущения в ионосфере, поглощение в полярной шапке, поляризация и др. В статье предлагается более подходящий для этой зоны способ прогнозирования помехоустойчивости.

**Ключевые слова:** Помехоустойчивость, Северный морской путь, Арктика, навигация, космические навигационные системы.

**Abstract:** The article suggests a more suitable method for predicting noise immunity for the Arctic zone, since the signal propagation in this area is more sensitive to a number of factors, such as northern lights and other disturbances in the ionosphere, absorption in the polar cap, polarization, etc.

**Keywords:** Noise immunity, Northern Sea Route, Arctic, navigation, space navigation systems.

**Введение.** Известно, что решение целевых задач космических навигационных систем (КНС) зависит от устойчивости информационного обмена между орбитальным и наземным сегментами системы. Он связан в первую очередь с качеством приема сигналов в наземных радиотехнических комплексах (РТК), одним из основных показателей которого является помехоустойчивость приема радиосигналов. В статье рассматривается способ вычисления вероятности ошибки приёма сигнала в северных широтах, к примеру, для Северного морского пути. Для навигации в этом районе есть ряд критических факторов, влияющих на работу КНС, в том числе, обусловленных средой распространения радиоволн:

Северные сияния (Aurora Borealis). Северные сияния оказывают негативное влияние на энергетические, навигационные и коммуникационные системы. Причинами возникновения северных сияний являются вспышки на Солнце. Потoki высокоэнергетических частиц и света, попадающие в верхние слои земной атмосферы, ионизируют молекулы воздуха, выбивая из них электроны. Это приводит к формированию целых облаков свободных электронов, дрейфующих

над полярными областями, которые становятся источниками сильных помех. Так, в полярном геофизическом институте Кольского научного центра Российской академии наук в ходе исследования выявили нарушения целостности навигационной системы в зависимости от характера форм полярных сияний и степени возмущенности ионосферы. Отклонения GPS позиционирования в условиях возмущений в отдельных случаях достигали 100 метров [1].

Поглощение радиоволн в полярной шапке (ППШ). Очень крупные солнечные вспышки сопровождаются помимо усиления волнового излучения выбросами энергичных протонов с энергиями в десятки мегаэлектронвольт и более. Такие вспышки называют протонными, а их высокоэнергичное корпускулярное излучение – солнечными космическими лучами (СКЛ). Последние содержат помимо протонов  $\alpha$ -частицы и в незначительных количествах более тяжелые частицы, а так же электроны.

Ослабление сигнала. Помимо нелинейных флуктуационных процессов, влияющих на обработку сигналов в приемных устройствах, следует учитывать ослабления сигнала при прохождении ионосферных слоев, особенно арктических районах судоходства [3].

Поляризация и замирания сигнала. В диапазонах сантиметровых и миллиметровых радиоволн основными факторами, влияющими на помехоустойчивости радиосистем, будут тропосферные и ионосферные искажения радиосигнала, связанные с поляризационными изменениями и частотно-селективными замираниями (ЧСЗ).

Помехоустойчивость КНС определяется вероятностью ошибки  $P_{ош}$  и характеризует ее способность поддерживать требуемые вероятность и точность воспроизведения сообщений и пропускную способность с учетом воздействия возможных помех [2].

Оценка помехоустойчивости некогерентного приема сигналов в космических системах (КС) с замираниями определяется величиной вероятности ошибки приёма сигнала  $P_{ош}$ , которая зависит от статистических параметров передаточных характеристик КС и коэффициентов энергетических потерь, возникаю-

щих при обработке сигналов в условиях наличия частотно-селективных замираний.

Рассмотрим существующие подходы к учету  $P_{\text{ош}}$  радиотехнических систем наземного комплекса КНС в условиях возмущения ионосферы Земли.

Известные аналитические соотношения при некогерентном приеме сигналов в КС в зависимости от значений частотных параметров передаваемых сигналов (ширины спектра  $\Delta f_0$  и несущей частоты  $f_0$ ) и физических параметров ионосферы (интенсивности неоднородностей в ионосфере  $\beta$ , максимальной концентрации электронов  $N_{\text{ем}}$ , внутреннего и внешнего масштаба ионосферных турбулентностей  $l_m, L_0$ , эквивалентной толщины слоя  $z_0$ ) позволяет приближенно рассчитать помехоустойчивость радиотехнических систем (РТС) при воздействии ионосферных возмущений:

$$P_{\text{ош}} = \frac{y^2 + 1}{\eta_{\text{чсз}} \cdot h_0^{-2} + 2 \cdot (y^2 + 1)} \cdot \exp \left[ - \frac{\eta_{\text{чсз}} \cdot y^2 \cdot h_0^{-2}}{\eta_{\text{чсз}} \cdot h_0^{-2} + 2 \cdot (y^2 + 1)} \right], \quad (1)$$

где  $\eta_{\text{чсз}}$  – коэффициент энергетических потерь;

$h_0^{-2}$  - входное отношение  $E_r/N_0$ , которое соответствует отношению мощностей сигнала и помехи на выходе приемника.

Однако прежде чем приступить к проведению указанных расчетов, следует напомнить, что входящие в (1) коэффициенты  $y^2$  (2) и  $\eta_{\text{чсз}}$  (3) связаны с физическими параметрами ионосферы через величину  $\sigma_\varphi^2$ . [3]

$$y^2 = \frac{\alpha^2}{2\sigma_b^2} = \frac{1}{\exp(\sigma_\varphi^2) - 1}. \quad (2),$$

где  $\sigma_b^2$   $\alpha^2$ , - флуктуационная и регулярная составляющих коэффициента передачи РТС по мощности.

$$\eta_{\text{чсз}} = F \left( \sqrt{2\pi} \frac{\Delta f_{\text{ког}}}{\Delta f_0} \right) \left[ 1 + \frac{1}{2\pi^2} \left( \frac{\Delta f_0}{\Delta f_{\text{ког}}} \right)^2 \right] - \frac{1}{\pi\sqrt{\pi}} \left( \frac{\Delta f_0}{\Delta f_{\text{ког}}} \right) \left\{ 2 - \exp \left[ - \pi^2 \left( \frac{\Delta f_{\text{ког}}}{\Delta f_0} \right)^2 \right] \right\}, \quad (3)$$

$$\text{где } \Delta f_{\text{ког}} = \frac{\sqrt{2}f_0}{\sigma_\varphi} = \frac{f_0^2 c}{80,8\pi\sqrt{L_0 z_3} \beta N_{\text{em}}}.$$

В свою очередь, выражение (4) для определения  $\sigma_\varphi^2$  может быть получено в приближении Рытова при условии, что спектр флуктуаций неоднородностей в невозмущенной ионосфере  $\Phi_{\Delta N_e}(K)$  имеет степенной вид зависимости от  $k=2\pi/l$  в инерционном интервале  $l_m < l < L_0$  со спектральным показателем  $p \approx 4$ .

$$\sigma_\varphi^2 \approx 2(\lambda r_e)^2 L_0 z_3 \sigma_{\Delta N_e}^2 = 2 \left( \frac{80,8\pi}{c} \right)^2 L_0 z_3 \left( \frac{\beta N_{\text{em}}}{f_0} \right)^2 (\text{рад}^2), \quad (4)$$

где  $r_e$  – классический радиус электрона.

При этом сама величина  $\sigma_\varphi^2$  может принимать различные значения (как меньше, так и значительно больше 1 в зависимости от количественных изменений  $\beta$  и  $N_{\text{em}}$  для различных широт и времени суток.

Таким образом, поскольку проведенный анализ состояния вопроса разработки моделей распределения ЭК в возмущенной ионосфере показывает, что решение этой проблемы далеко от завершения, то, в первом приближении, целесообразно осуществить прогнозирование помехоустойчивости при следующих допущениях:

- качественный характер модели распределения ЭК в возмущенной ионосфере, определяемый видом зависимости  $\Phi_{\Delta N_e}(K)$  от  $K$  и значениями параметров  $p$ ,  $l_m$ ,  $L_0$ ,  $z_3$ , остается неизменным по сравнению с моделью невозмущенной ионосферы;

- отличие в степени возмущения ионосферы определяется только количественными изменениями значений параметров  $\beta$  и  $N_{\text{em}}$ .

При этих допущениях задача прогнозирования помехоустойчивости РТС сводится к расчету  $P_{\text{ош}}$  в соответствии с выражениями (1,2,3) при заданных частотных параметрах сигналов ( $f_0$ ,  $\Delta f_0$ ) и приращений физических параметров ионосферы  $\beta$  и  $N_{\text{em}}$  под воздействием возмущающих факторов.

Назовем условно состояние возмущенной ионосферы в зависимости от значений указанных физических параметров ионосферы в интервалах их вероятных приращений  $\beta = 10^{-2} - 1$  и  $N_{em} = 10^{11} - 10^{14}$  эл/м<sup>3</sup> следующим способом:

- слабовозмущенные – при  $\beta = 10^{-2}$  и  $N_{em} = 10^{13}$  эл/м<sup>3</sup>,
- средневозмущенные – при  $\beta = 10^{-1}$  и  $N_{em} = 10^{13}$  эл/м<sup>3</sup>,
- сильновозмущенные – при  $\beta = 1$  и  $N_{em} = 10^{14}$  эл/м<sup>3</sup>.

Тогда, в соответствии с изменением соотношения между величиной дисперсии флуктуации фазы ( $\sigma_\varphi$ ) и значениями частотных параметров передаваемых сигналов ( $\omega_0, \Delta\Omega_0$ ), обобщенное выражение для  $P_{ош}$  приобретает следующий вид.

1. При  $\sigma_\varphi \geq \frac{\sqrt{2}\omega_0}{\Delta\Omega_0}$ :

$$P_{ош} = \frac{1}{2 + \eta_{чсз} \bar{h}_0^2},$$

характерный для помехоустойчивости некогерентного приема сигналов в радиоканалах с ЧСЗ, поскольку в этом случае  $\gamma^2=0$ ,  $\eta_{чсз}<1$ .

2. При  $1 \ll \sigma_\varphi \ll \frac{\sqrt{2}\omega_0}{\Delta\Omega_0}$ :

$$P_{ош} = \frac{1}{2 + \bar{h}_0^2},$$

характерный для радиоканалов с общими замираниями релейского типа (2.31), поскольку в этом случае  $\gamma^2=0$ ,  $\eta_{чсз}=1$ .

3. При  $\sigma_\varphi \ll 1$ :

$$P_{ош} = \frac{\gamma^2 + 1}{\bar{h}_0^2 + 2(\gamma^2 + 1)} \exp\left[-\frac{\gamma^2 \bar{h}_0^2}{\bar{h}_0^2 + 2(\gamma^2 + 1)}\right],$$

характерный для канала связи с общими замираниями райсовского типа, поскольку  $0 < \gamma^2 < \infty$ ,  $\eta_{чсз}=1$ .

4. При  $\sigma_{\varphi}=0$

$$P_{ош} = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{h_0^2}{2}\right),$$

характерный для некогерентного приема в радиоканалах без замираний (2.29), поскольку  $\gamma^2 = \infty$ ,  $\eta_{чсз}=1$ .

В результате были подготовлены выражения для расчета вероятности ошибки приёма сигнала с учетом возмущений в ионосфере, характерных для северных широт. С их помощью можно повысить помехоустойчивость сигнала навигационных систем, что обеспечит лучшую безопасность судоходства в Арктике, а также откроет возможности для более точного позиционирования беспилотных аппаратов.

#### **Список использованной литературы:**

1. Полярные сияния мешают навигационным сигналам // Вестник ГЛОНАСС [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://vestnik-glonass.ru/news/tech/polyarnye\\_siyaniya\\_meshayut\\_navigatsionnym\\_signalam/](http://vestnik-glonass.ru/news/tech/polyarnye_siyaniya_meshayut_navigatsionnym_signalam/) – (Дата обращения: 31.05.2021).
2. А. Г. Зюко Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А. Г. Зюко, А. И. Фалько, И. П. Панфилов, Л. В. Банкет, П. В. Иващенко; - М: Радио и связь, 1985 - 272 с
3. Н.Д. Дымович Ионосфера и ее исследование/ Н.Д. Дымович - М: «Энергия», 1998 - 40 с

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ НАВИГАЦИИ, ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЯХ

**Аннотация:** Производится анализ необходимости использования традиционных методов навигации в условиях повсеместного использования спутниковых радионавигационных систем (СРНС), Подробно разбираются недостатки полного перехода на использование СРНС с фактическим отказом от традиционных способов, обосновывается необходимость их использования и обязательного дублирования при определении места судна. Анализируются способы автоматической обработки информации при традиционных способах получения навигационных параметров.

**Ключевые слова:** определение места судна, навигационный параметр, спутниковая радионавигационная система, навигация, морской транспорт, автоматизация, профессиональное образование.

**Annotation:** The author analyzes the necessity of using traditional navigation methods in the conditions of widespread use of satellite radio navigation systems (SRNS), examines in detail the disadvantages of a complete transition to the use of SRNS with the actual rejection of traditional methods, justifies the need for their use and mandatory duplication when determining the location of the vessel. The methods of automatic information processing with traditional methods of obtaining navigation parameters are analyzed.

**Keywords:** ship location determination, navigation parameter, satellite radio navigation system, navigation, sea transport, automation, professional education.

Научно-технический прогресс не стоит на месте, более того, его развитие идёт с постоянным ускорением. Естественно, что пройти мимо такой важной отрасли как транспорт и в первую очередь морской транспорт невозможно.

Появляются совершенно новые, неведомые ранее технологии, принципы, приборы, призванные значительно упростить и обезопасить процесс судовождения. В первую очередь к ним относятся спутниковые радио-навигационные системы, электронные картографические навигационно-информационные системы, на их основе создаётся интегрированная информационная среда управления судном, включающая в себя все источники информации имеющиеся на судне и соответственно значительно упрощающая работу судоводителя.

Более того, успешно воплощаются в жизнь разработки по автоматизированному управлению судном без прямого участия человека. Считается, что решение этой задачи должно полностью устранить влияние человеческого

фактора на управление судном и соответственно должно произойти резкое снижение аварийности судов.

Мостик становится всё более сложной системой, при этом процесс управления судном значительно упрощается. У штурмана уходит необходимость производить относительно сложные наблюдения с высокой точностью, производить достаточно трудоёмкие расчёты, исчезает необходимость ведения графического счисления на карте, проведения обсерваций. То есть работа штурмана сводится к общему контролю ситуации, даже не на основании показаний приборов, а на основе работы вычислительной техники, обрабатывающей показания приборов.

Казалось бы, что в происходящем нет ничего плохого, на смену старым технологиям приходят новые и этот процесс не остановить. С одной стороны, это так, но есть и другие стороны в этих процессах. Упрощение процесс управления судном, ведёт к ложной мысли о том, что сложный процесс подготовки судоводителя совершенно необязателен и что судном может управлять практически любой человек прошедший соответствующие курсы, на довольно поверхностном уровне.

Отмена работы с большим количеством навигационных задач, привела к загрузке судоводителя решением большого количества организационных задач, что в общем-то отвлекает его от процесса судовождения. Хорошая морская практика подменяется полной надеждой на технику, которая «совершенно не может ошибаться, так как её разрабатывали люди, понимающие много больше нас». Соответственно уходит общее понимание процесса управления судном, отсутствие собственных наработок, для принятия решений в критических ситуациях. Происходит отрыв управления судном, от естественных условий, как бы это парадоксально не звучало, но процесс управления судном в психологическом плане превращается в некую компьютерную игрушку по управлению стрелочкой на мониторе.

Получается, что при возникновении, каких-то нештатных ситуаций, судоводитель просто не понимает, что ему нужно предпринять, у него уже нет нужных для этого знаний и опыта. В настоящее время, идёт массовая потеря компетенций. в традиционных способах управления судном, а нештатные ситуации возможны всегда, море, это такое место, где всегда происходят неожидан-

ности, причём, казалось бы, в самых безопасных местах, администрация Суэцкого канала может подтвердить.

Другая сторона проблемы, связана с надёжностью современной аппаратуры. Конечно, можно сказать, что современная аппаратура, удовлетворяет всем требованиям по надёжности, что она многократно тестировалась, проходила различные испытания и прочее. Во многом так и есть, хотя утверждения производителей о надёжности их изделий, как правило, преувеличены, но ведь есть ещё и внешние факторы, которые от производителя не зависят, такие как агрессивная внешняя среда, огромные механические нагрузки, да и просто энергозависимость, простое обесточивание судна, может вывести из процесса эксплуатации большую часть навигационного оборудования. Даже простое окисление контактов, что на море вполне естественная вещь, может вывести из строя важнейшее навигационное оборудование.

Можно много говорить о высокой надёжности вычислительной техники, но когда во время сильной бортовой качки по мостику летают стулья и другие тяжёлые предметы, выход из строя обоих комплектов ЭКНИС не станет полной неожиданностью. Прецеденты есть, когда судно шло в порт по чудом сохранившемуся на борту комплекту бумажных карт и при наличии на борту штурманов, которых в России и некоторых других странах СНГ до сих пор обучают работе с «бумагой».

Ещё одна важная, но не особо афишируемая сторона проблемы, связана с тем, что современные навигационные комплексы, в первую очередь спутниковые радио-навигационные системы, принадлежат военным структурам и их базовое назначение, это решение военных задач, гражданским пользователям, они переданы исключительно в коммерческих целях, при возникновении необходимости военное командование будет решать только свои задачи, совершенно несвязанные с гражданскими нуждами, а здесь возможно полное искажение всей навигационной картины в показаниях приборов, в конце концов, помимо обычного гражданского, есть милитари-код, который и является базовым.

Помимо владельцев спутниковых навигационных систем, на их точность могут влиять и противники. Средства РЭБ в настоящее время, позволяют не

просто «забывать» полезный сигнал, но и корректировать его, в результате чего суда могут обнаруживать себя в совершенно неожиданных местах. даже в горах. Разумеется, что эти меры принимаются против военных судов, но если в это время в зоне действия средств радиоэлектронной борьбы оказываются гражданские суда, то военных это волнует в очень малой степени. Всё это на практике происходит уже сейчас в районах вооружённых конфликтов, да и зачастую, просто в районах проведения учений не очень дружественных стран.

Помимо всего вышеописанного, в самом крайнем случае, в настоящее время, нельзя в полной мере исключать вероятность конфликта, между крупными державами, простая логика приводит к тому, что глобальные навигационные системы противника, будут выводиться из строя в первую очередь. Вероятность этого очень мала, но считать её нулевой, в настоящее время никак нельзя.

Конечно, требования Международной морской организации до сих пор весьма консервативны и многие положения организации требуют умения использовать традиционные методы навигации, такие как счисление, визуальные способы, астрономические методы определения места судна, но на практике всё больше и больше эти требования сводятся к формальному исполнению, причём не только на уровне эксплуатации и даже управления, но и на уровне обучения.

То есть на основании всего вышесказанного можно сделать вывод, что возникновение условий, при которых современные системы позиционирования и навигации перестанут действовать вполне вероятно, как на ограниченно временном и пространственном промежутке, так и в глобальном плане. При этом общая тенденция такова, что традиционные методы навигации, всё больше и больше выходят из употребления и компетенции постепенно теряются. Исходя из этого можно прийти к выводу, что умение использовать традиционные методы навигации необходимо для полноценного управления современным судном. Необходимо поддерживать компетентность личного состава судоводителей, в процессе эксплуатации судов, так как при возникновении именно внештатных ситуации, эти методы будут наиболее востребованы.

Ещё одним фактором, из-за которого следует относиться с некоторой осторожностью к показаниям приёмника спутниковой радионавигационной системы, является завышенная оценка точности. Производители навигационной аппаратуры, заявляют о точности 3-5 метров, но так ли это. Такая точность показаний спутниковых систем в чистом виде невозможна теоретически, так как помимо влияния разного рода помех и геометрического фактора, есть элементарное несовпадение поверхности геоида с поверхностью эллипсоида, причём разница может достигать 100-150 метров. Речь о 3-5 метрах может идти только при использовании дифференциальной подсистемы, но пока что гарантировать присутствие такой системы в каждой точке земного шара невозможно. Исходя из этого, определение места судна в прибрежной зоне, должно производиться наблюдением береговых ориентиров или другим традиционным методом, при котором навигационные ориентиры привязаны к данной местности.

С другой стороны, традиционные методы имеют ряд неудобств и ограничений. Это может быть отсутствие наличия необходимых ориентиров на одной карте, или просто неудобство в графическом способе определения места судна, это могут быть довольно сложные и продолжительные расчёты, как в астрономических способах и многое другое. То есть с одной стороны, вблизи берега, желательно проводить регулярные визуальные и астрономические определения, а с другой, в условиях постоянного маневрирования судна, может просто не быть достаточного времени, для обработки результатов наблюдений.

Если раньше никакой возможности обойти этот недостаток не было, кроме как усилить вахту дополнительным штурманским составом, то в настоящее время, на судне присутствует огромное количество вычислительных мощностей, которые могут значительно облегчить обработку результатов наблюдений навигационных ориентиров.

Для решения задачи автоматизации расчётов по определению места судна аналитическим методом, можно пойти несколькими путями:

- аналитическое решение системы уравнений изолиний навигационных параметров;

- решение системы уравнений методом итераций;
- использование метода обобщённых линий положение и обработка методом наименьших квадратов.

Первый метод при решении задачи на сфере приводит к решению трансцендентной системы уравнений. Решение таких систем требует использование довольно сложного математического аппарата, причём для каждого типа изолиний система будет своя. Такой подход приведёт к необычайно сложной математической модели, что в нашем случае совершенно неоправданно. При этом мы можем решить систему только для двух изолиний, так как появление третьей приводит к избыточности данных, а наличие погрешности создаёт неопределённость решения.

Метод итераций, позволит значительно упростить математическую модель, но здесь так же имеет место быть возможность решения только уравнений для двух изолиний.

Для реализации  $n$ -изолиний, можно получить несколько точек пересечения и в дальнейшем минимизировать сумму квадратов отклонений, по сути, реализовать центрографический метод математическим путём. В теории такое конечно возможно, но если для трёх точек пересечения, математическое воплощение будет относительно несложным, то увеличение числа изолиний ведёт к резкому увеличению точек пересечения, что непомерно усложняет расчёт.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что классические методы навигации ещё долгое время будут оставаться актуальными, особенно и в первую очередь при условии максимальной автоматизации расчётов, позволяющей значительно упростить обработку наблюдений навигационных параметров.

### **Список литературы:**

1. Справочник капитана дальнего плавания / под общ. ред. Б. П. Хабуря. – М.: Издательство Транспорт, 1964. – с.337.
2. Пустыльник, Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник. - М.: Наука, 1968. - 288 с.: табл., ил. - (Физико-математическая библиотека инженера).
3. Третьяк, Л.Н. Обработка результатов наблюдений: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
4. Кожухов, В. П. Математические основы судовождения / В. П. Кожухов, В. В. Григорьев, С. М. Лукин. -М.: Транспорт, 1987. 231 с.

УДК 656.61.052(211-17)

Мишина К.Ю.<sup>1</sup>, Половцев В.С.<sup>2</sup>, Ломоносов С.Е.<sup>3</sup>, Шевченко Н.В.<sup>4</sup>

1 – студент 3 курса направления Электроника и наноэлектроника ФГАОУ ВО «СевГУ»

2 – студент 3 курса направления Электроника и наноэлектроника ФГАОУ ВО «СевГУ»

3 – доцент кафедры Электронная техника ФГАОУ ВО «СевГУ»

4 – доцент кафедры Электронная техника ФГАОУ ВО «СевГУ»

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ НА СЕВЕРНОМ МОРСКОМ ПУТИ

**Аннотация:** Данная статья посвящена разработке метода оценки навигационной безопасности плавания Северного морского пути. Выделяются основные положения, определяющие безопасные навигационные условия акватории Северного морского пути. Разработаны методы, позволяющие оценить навигационную безопасность при различных условиях, возникающих на рейсе.

**Ключевые слова:** Северный морской путь, льды, фарватер, навигационная безопасность, метод.

**Abstract:** This article is devoted to the development of a method for assessing the navigation safety of navigation of the Northern Sea Route. The main provisions that determine the safe navigation conditions of the water area of the Northern Sea Route are highlighted. Methods have been developed that allow assessing navigation safety under various conditions arising on the voyage.

**Keywords:** Northern Sea Route, ice, fairway, navigation safety, method.

**Введение.** Обеспечение навигационной безопасности плавания Северного морского пути является одной из основных задач судовождения в акватории данного региона. Навигационную безопасность плавания формируют такие условия как: средства навигационного оборудования судна, средства и системы связи и оповещения, метеорологические условия [1].

**Цель исследования.** Основной целью исследования является разработка метода для оценки безопасного навигационного плавания в акватории Северного морского пути, с учетом основных условий, формирующих безопасное плавание.

### **Методы оценки навигационной безопасности плавания.**

Для оценки навигационной безопасности плавания используется два метода – апостериорный и априорный.

Априорный метод – это метод основанный на использовании математической модели навигационной безопасности плавания, позволяющей оценить ожидаемую вероятность исключения отказов мореплавательной системы. При этом

под системой мореплавания подразумевается весь комплекс навигационно-гидрографического обеспечения и деятельности штурманской службы судна.

Апостериорный – это метод основанный на обработке статистических данных, характеризующих навигационные происшествия, которые произошли с кораблями и суднами за определенный период некоторого времени.

*Метод расчёта вероятности безопасного положения судна относительно неподвижного навигационного препятствия (районы непроходимых льдов)*

Для метода расчёта вероятности безопасного положения судна на участке Северного морского пути относительно неподвижного навигационного препятствия необходимо включить в него следующие основные элементы:

- оценка вероятности нахождения судна в заданной полосе движения  $P_{зп}$ ;
- оценка вероятности безопасного положения судна в узкости  $P_y$ ;
- оценка вероятности безопасного положения судна в прибрежной зоне  $P_{пз}$  и в открытом море  $P_{ом}$ ;
- оценка безопасности судна на фарватере при нахождении на нем встречного судна  $P_{вк}$ ;
- оценка вероятности случайного выхода судна на встречную полосу движения  $P_{вл}$ .

Вероятность безопасного положения корабля относительно навигационного препятствия определяется по формуле:

$$P_{нп} = P_{зп} P_y P_{пз} P_{ом} P_{вк} P_{вл}.$$

С учетом того, что в большинстве случаев события, которые связаны со столкновениями с препятствиями являются независимыми, то сделаем некоторые упрощения. И в общем виде привести описание для основы математической модели навигационной безопасности плавания  $P_{нбп}$ :

$$P_{нбп} = P_{кнс} P_{нп} P_p P_m,$$

где:  $P_{кнс} = 1 - P_{ош}$  – вероятность ошибки космической навигационной системы;

$P_{\text{нп}}$  – вероятность безопасного положения корабля относительно навигационного препятствия;

$P_p$  – вероятность правильной оценки обстановки и принятия безопасного и своевременного решения;

$P_m$  – вероятность безотказной работы движительно-рулевого комплекса.

Вероятности  $P_p$  и  $P_m$  являются статистическими и техническими данными соответственно.

### **Оценка вероятности безопасного положения судна в узкости.**

Наиболее опасными узкостями являются те, в которых свобода маневра ограничена ненаблюдаемыми навигационными опасностями такими как: искусственными и естественными подводными препятствиями, банками, подводными скалами и отмелями.

Если курсы судна проложены среди ненаблюдаемых навигационных опасностей так, что последние находятся на различных направлениях относительно судна, то для оценки навигационной безопасности лучше всего воспользоваться радиальной средней квадратической погрешностью (СКП) (рис.1).

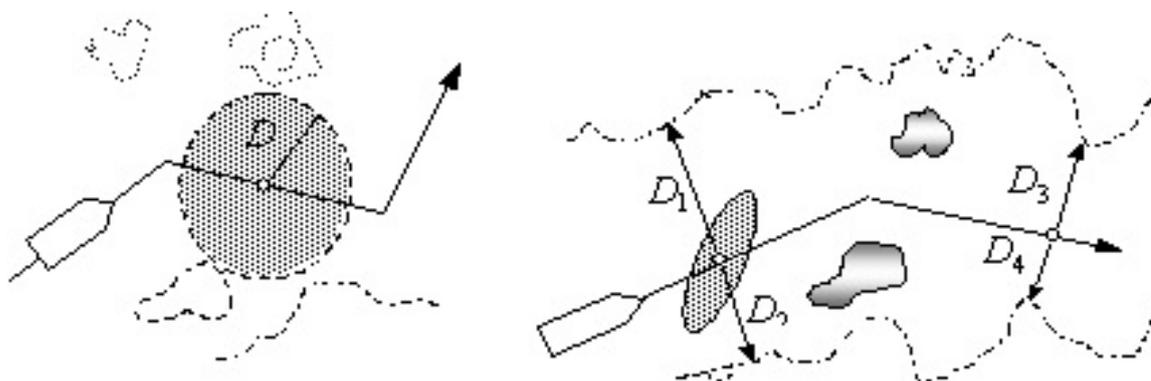


Рисунок 1 – К определению курса судна среди ненаблюдаемых навигационных опасностей

Относительно точки на линии предстоящего пути, находящейся на кратчайшем расстоянии от навигационных опасностей, вписывается круг так, чтобы внутри него не оказалось навигационных опасностей. Затем измеряется радиус

данного круга  $D$  и рассчитывается вероятность того, что радиальная погрешность места корабля на данном участке плавания окажется меньше радиуса этого круга. Для этого используется формула кругового закона распределения Релея:

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{D-s}{M}\right)^2,$$

где:  $M$  – радиальная СКП места судна на данном участке плавания;

$s$  – запас чистой воды, обеспечивающий безопасное положение судна при наличии неучтенной систематической погрешности и учитывающий габариты судна, а также запас свободного пространства, необходимый для маневра корректуры курса (для выхода судна на заданную линию пути).

Для наиболее оптимального способа определения места на данном участке плавания вычисляются элементы среднего квадратического эллипса погрешностей и по ним рассчитывается радиус-вектор подеры этого эллипса по направлению на опасности, расположенные на минимальном удалении от линии пути судна (на первом курсе, изображенном на рисунке 1, по направлению отрезков  $D_1$  и  $D_2$ ).

Расчет вероятности безопасного положения корабля относительно навигационных препятствий будет производиться по формуле:

$$P = 0,5 \left[ \Phi\left(\frac{D_1-l}{m}\right) + \Phi\left(\frac{D_2-l}{m}\right) \right],$$

где:  $\Phi$  – интеграл вероятности (функция Лапласа);

$D_1$  и  $D_2$  – кратчайшие расстояния до ближайших навигационных опасностей, расположенных с левого и правого бортов;

$l$  – действующая полуширина судна;

$m$  – линейная СКП места по направлению, перпендикулярному линии пути судна.

*Оценка безопасности судна на фарватере при нахождении на нем встречного судна.*

Вероятность безопасного положения судна на фарватере при нахождении на последнем встречного судна зависит от вероятности,  $P$  события, состоящего в том, что с корабль находится в пределах "чистой" воды не ограждённого фарватера и от вероятности  $P'$  события, состоящего в том, что в момент максимального сближения со встречным судном на фарватере расстояние между судами будет безопасным [2].

Итоговая вероятность  $P_\phi$  безопасного нахождения судна на фарватере имеет вид:

$$P_\phi = PP'.$$

Рассмотрим способ оценки вероятности  $P$  безопасного положения судна в поперечных границах фарватера с учетом того, что часть ширины фарватера занимает корпус встречного судна  $K_1$  (рис. 2), а также при том, что полоса свободного перемещения судна по фарватеру сужается. Поэтому уменьшается и вероятность нахождения своего судна в пределах чистой воды фарватера на некоторую величину  $DP$ , зависящую от ширины встречного судна и от его положения относительно своего судна.

Поэтому уменьшается и вероятность нахождения своего судна в пределах чистой воды фарватера на некоторую величину  $DP$ , зависящую от ширины встречного судна и от его положения относительно своего судна. Она становится равной:

$$P = P_1 - DP,$$

где:  $P_1$  – вероятность невыхода корабля за пределы границ фарватера, считая, что в его пределах отсутствуют другие корабли

$DP$  – вероятность того, что погрешности своего корабля будут находиться в интервале  $cf$ , равном ширине встречного корабля  $B_1$ .

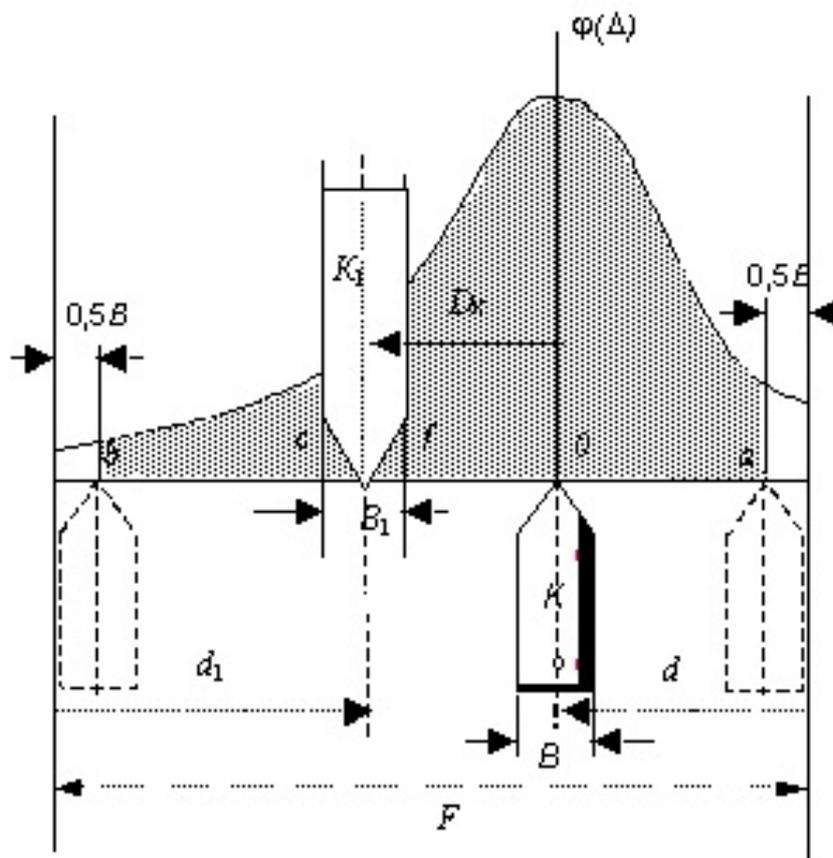


Рисунок 2 – К определению оценки безопасности судна в поперечных границах фарватера

Раскрывая значения  $oc$  и  $of$ , и учитывая геометрический смысл нормального распределения, получим:

$$DP = 0,5 \left[ \Phi \left( \frac{F - d - d_1 + 0,5B_1}{m} \right) - \Phi \left( \frac{F - d - d_1 - 0,5B_1}{m} \right) \right],$$

где:  $d$  – расстояние своего судна до ближней кромки фарватера, ширина которого  $F$ ;

$d_1$  – отстояние встречного судна от правой кромки фарватера (относительно направления его движения);

$B_1$  – ширина встречного судна;

$m$  – радиус-вектор (по перпендикуляру к оси фарватера) подеры эллипса СКП места судна.

Величина  $d_1$  определяется по формуле  $d_1 = F - d - D_k$ . Величина  $D_k$  – кратчайшее расстояние между судами в момент их расхождения. Оно определяется

по измеренному расстоянию  $D_o$  и курсовому углу  $q_o$  встречного корабля:

$$D_{\kappa} = D_o \sin q_o .$$

Безопасным положением судна относительно встречного в момент максимального сближения кораблей будет в том случае, если расстояние между их бортами в момент расхождения не меньше величины  $s \gg 1,5B$ , которая исключает взаимное присасывание двух судов за счет взаимодействия гидродинамических сил.

**Выводы.** Таким образом, предложены методы оценки навигационной безопасности плавания, с учетом многих факторов, влияющих на безопасность плавания. Предложены методы оценки вероятности безопасного плавания при неподвижном навигационном препятствии, при положении судна в узкости и при нахождении судна на фарватере.

### Список литературы:

3. Безопасность судоходства: проблемы и пути их решения // Морской флот. — 2008. — № 4. — С. 26–31.
4. Некрасов С. Н., Прохоренков А. А. Ситуационный метод оценки навигационной безопасности плавания // Сборник докладов 57-й Международной молодежной научно-технической конференции «МОЛОДЕЖЬ — НАУКА — ИННОВАЦИИ», посвященной 200-летию транспортного образования в России, 25–26 ноября 2009.: в 2 т. — Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2009. — Т. 1 — 261 с.

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Аннотация:** В данной статье мы проанализируем насколько загрязнения, окружающей среды нефтью, могут быть масштабны и непоправимы. Приведем примеры различных, масштабных аварийных ситуаций и утечек нефтепродуктов, происходящих как в море, так и на берегу. Рассмотрим при каких обстоятельствах произошли утечки, в каких объемах и чем это чревато и пагубно для окружающей морской среды и для природы в целом, а также мероприятия для предотвращения таких аварий.

**Ключевые слова:** Судно, авария, разлив, нефть, ущерб, компенсация.

**Abstract:** In this article we will analyze at how large-scale and irreparable the pollution of the environment with oil can be. Here are examples of various large-scale emergencies and oil product leaks occurred, in what volumes and how it is fraught and detrimental to the surrounding marine environment and to nature in general, as well as measures to prevent such accidents.

**Keywords:** Ship, accident, spill, oil, damage, compensation.

Разлив нефтесодержащих продуктов является масштабной и непоправимой катастрофой, последствия которой в свою очередь очень тяжело локализовать и практически невозможно бесследно устранить.

Разлив нефтепродуктов оказывает негативное влияние на экологию морей и океанов, а именно:

- наносит значительный урон обитателям морской среды;
- уменьшает популяцию многих видов морских рыб.

Помимо негативного влияния на экологию, так же под удар попадает ряд экономических факторов, к примеру:

- останавливается любой промысел рыбы на загрязненном нефтью участке;
- затраты на привлечение судов по ликвидации последствий загрязнения нефтью;
- необходимость судов огибать аварийный участок, вследствие чего повышается стоимость морских грузоперевозок;
- финансовый ущерб судовладельцу.

Во избежание вышеперечисленных последствий – существует ряд правил и мер предосторожности, которые нужно соблюдать, и примеры разлива нефтепродуктов на судах, где эти правила не соблюдались. Рассмотрим несколько таких случаев.

К примеру разлив нефти судном Афон I на реке Делавэр 26 ноября 2004 года однокорпусный танкер Athos I по незнанию наткнулся на большой якорь, затонувший в реке Делавэр, во время подготовки к стыковке с нефтеперерабатывающим заводом недалеко от Филадельфии, штат Пенсильвания. Удар пробил корпус танкера, и из него началась утечка более 263 000 галлонов тяжелой нефти в приливные воды этого загруженного судоходного маршрута Восточного побережья.

Разлив нефти Cosco Busan 7 ноября 2007 года контейнеровоз Cosco Busan в сильном тумане врезался в мост через залив в заливе Сан-Франциско, штат Калифорния, в результате чего в корпусе судна образовалась пробоина высотой 100 футов, а в залив попало 58 000 галлонов мазута. Разлив вызвал массовое закрытие пляжей, закрытие рекреационных и коммерческих промыслов, а также отмену многих мероприятий, связанных с использованием вод залива.

Причинами, которые поспособствовали этой аварии являются погодные условия и отсутствие времени для совершения маневра для предотвращения столкновения.

Разлив нефти "Y" в Техас-Сити 22 марта 2014 года балкер Summer Wind столкнулся с нефтеналивной баржей Kirby 27706. Инцидент произошел в заливе Галвестон недалеко от Техас-Сити, штат Техас, и в результате баржа вылила около 168 000 галлонов промежуточного мазута. Во время ликвидации разлива NOAA оказало поддержку США.

Разлив торговой нефти в Арго. Ранним утром 15 декабря 1976 года либерийский танкер «Argo Merchant» сел на мель в районе Fishing Rip (Nantucket Shoals), в 29 морских милях к юго-востоку от острова Нантакет, штат Массачусетс, из-за сильного ветра и десяти футов моря.

Так же рассмотрим последствия аварии вызванной неосторожностью сразу нескольких судов, а именно танкера *Atlantic Empress* и *Aegean Captain* столкнулись у побережья острова Тобаго у берегов Венесуэлы 19 июля 1979 года. На борту каждого танкера находилось более 200 000 тонн сырой нефти.

Причинами, которые поспособствовали этой аварии являются погодные условия и отсутствие времени для совершения маневра для предотвращения столкновения судов.

Но в данной ситуации удалось избежать техногенной катастрофы, из-за совершения экстренного маневра вторым помощником капитана *Aegean Captain*, благодаря которому удалось избежать потерь собственного экипажа.

Как позже стало известно большая часть нефти растворилась в море, а в новостях об окрестностях сообщалось лишь о минимальном загрязнении береговой линии.

Разлив нефти *Exxon Valdez* 24 марта 1989 года танкер *Exxon Valdez* сошел на мель на рифе Блай в проливе Принца Уильяма на Аляске, разорвав его корпус и вылив около 11 миллионов галлонов сырой нефти из залива Прудхо в удаленный живописный и биологически продуктивный водоем.

Результат не соблюдения мер предосторожности – разлито 11 миллионов галлонов сырой нефти в проливе Принца Уильяма на Аляске 24 марта 1989 года, что является самым серьезным разливом нефти в истории США. Нефтяное пятно покрыло 1300 миль береговой линии и убило сотни тысяч морских птиц, выдр, тюленей и китов. Спустя почти 30 лет в некоторых местах остаются залежи сырой нефти.

В течение нескольких месяцев после разлива нефти «*Exxon Valdez*» сотрудники *Exxon*, федеральные органы реагирования и более 11000 жителей Аляски работали над ликвидацией последствий разлива нефти. *Exxon* выделила около 2 миллиардов долларов на очистку и 1,8 миллиарда долларов на восстановление среды обитания и нанесение личного ущерба, связанного с разливом.

И в завершении рассмотрим разлив нефти на Филиппинах: случай Гимараса. 11 августа 2006 года нефтяной танкер *M/T Solar 1*, арендованный Petron Corporation, затонул у берегов Гимараса, в районе Филиппин, с разливом более 2,1 миллиона литров (около 555 000 галлонов) топлива. Данный разлив до сих пор считается самым серьезным в истории Филиппин. Нефть, которая загрязнила воду, была разрушительной не только для окружающей среды, но также для людей и экономики Гимараса.

Последствия данной аварии:

- после разлива побережья остров и море выкрасили в черный цвет;
- по данным Департамента окружающей среды и природных ресурсов (DENR), кризис затронул 1500 гектаров (более 3700 акров) местной экосистемы;
- пострадал морской природный заповедник острова Таклонг (TINMR);
- пострадал национальный морской заповедник;
- полностью прекратился промысел, что в свою очередь привело к потере единственного источника для существования 20 000 рыбаков;
- прекращено развитие туризма на время очистки;
- на восстановление острова в исходное состояние «Гимарас» понадобилось 13 лет.

Помимо аварий в море, разливы нефти происходят на буровых платформах и на берегу. Рассмотрим ниже несколько таких случаев.

Разлив нефти *Deerwater Horizon* 20 апреля 2010 года в результате взрыва на буровой платформе *Deerwater Horizon Macondo* погибло 11 рабочих и начался крупнейший морской разлив нефти в истории США, в результате чего миллионы баррелей нефти попали в Мексиканский залив. NOAA было на месте с самых первых моментов кризиса, имея более чем 25-летний опыт защиты и восстановления наших берегов от разливов нефти.

Еще один случай разлива нефтесодержащих продуктов. Разлив нефти на пляже штата Рефухио недалеко от Санта-Барбары, Калифорния. 19 мая 2015 года NOAA было уведомлено о разрыве 24-дюймового трубопровода, произошедшем ранее в тот же день возле пляжа Рефуджио в округе Санта-Барбара,

Калифорния. Из примерно 100 000 галлонов выпущенной сырой нефти 21 000 галлонов утекло в Тихий океан.

Проанализировав все вышеупомянутые случаи можно увидеть, что каждый подобный инцидент влечет за собой массу негативных последствий для экосистемы морей и океанов, в том числе причиняя неудобства разным сферам деятельности.

Также можем заметить, что разлив нефтепродуктов не всегда происходит с участием судна, но и неправильной эксплуатацией береговых систем и оборудования, что в свою очередь по масштабам не уступает другим авариям случившимся в море.

Рассмотрим возможные способы предотвращения загрязнения морей и океанов, причины и возможности избегания аварий с точки зрения судовождения.

Существует ряд операций для предотвращения попадания нефтепродуктов за борт, такие как:

- объявить пожарную тревогу, чтоб собрать всех имеющих на борту членов экипажа;
- доложить капитану и старшему механику;
- вызвать нефтемусоросборщик;
- приготовить судовые емкости для быстрого сбора нефтепродуктов с палубы;
- в случае разлива и принятых мерах сделать запись в судовом журнале.

Что должен предпринять вахтенный помощник капитана:

- доложить капитану и остановить все погрузочно-разгрузочные операции;
- незамедлительно принять меры для уменьшения разлива нефтепродуктов с судна (сброс давления в системе и т.д.).

В случае попадания нефтепродуктов за борт и выполнения всех вышеперечисленных мер – судоводитель обязан должным образом задокументировать данную аварийную ситуацию и все предпринятые к ней меры.

Перечень предоставляемой информации:

- погодные условия (состояние моря и приливы);

- источник разлива нефти;
- направление, протяженность и количество масла, вылитого за борт;
- действие предпринятые для удаления масла и используемые для этого материалы;
- название компаний по ликвидации разливов нефти, время прибытия и подробности их работы;
- вопросы, проинструктированные государственными или местными органами власти, и подробности работы, проведенные в соответствие с такой инструкцией;
- положение судна, курс и скорость.

Изучив все подробности аварийных ситуаций связанных с разливом нефтепродуктов, можно сделать следующие выводы:

- судоводитель должен ответственно подходить к своим должностным обязанностям;
- своевременно распознать навигационную опасность и избежать её;
- периодически проводить учебные тревоги, чтоб экипаж был готов к предотвращению опасности либо же её последствий;
- соблюдать правила и требования международных конвенций;
- осознавать всю ответственность за перевозимый груз и жизни членов экипажа;
- осознавать какие масштабные последствия может принести малейшая ошибка судоводителя.

### **Список литературы:**

1. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная Протоколом 1978 г. к ней (МАРПОЛ-73/78). Кн. I и II. — СПб.: ЦНИИМФ, 2008. — 760 с.;
2. Предупреждение загрязнения морской среды : конспект лекций для курсантов сост. А.В. Ивановская, Е.О. Макаренко ; Федер. Гос. Бюджет. Образоват. Учреждение высш. Образования “Керч. Гос. Мор. Технолог. Ун-т”, Каф. Судовых энергетических установок. –Керчь, 2019. – 96 с.
3. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС), Лондон, ИМО, Сводное издание, 2010, 484 с.

УДК 656.61.085.4(262.5./54)

Горячев И. С.<sup>1</sup>, Святский В. В.<sup>2</sup>, Ивановский Н. В.<sup>3</sup>

1 – старший преподаватель кафедры Судовождения и промышленного рыболовства  
ФГБОУ ВО «КГМТУ»; лоцман 1 категории ФГУП «Росморпорт»

2 – преподаватель кафедры Судовождения и промышленного рыболовства  
ФГБОУ ВО «КГМТУ»

3 – канд. техн. наук, доцент, декан Морского факультета ФГБОУ ВО «КГМТУ»

## РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ПОСАДКИ СУДНА НА МЕЛЬ ПРИ ПРОХОДЕ СТЕСНЕННЫХ АКВАТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы расчета вероятности посадки судна на мель при проходе стеснённых акваторий с помощью математической модели движения судна в узкости, учитывающей преобладающие гидрометеорологические факторы, воздействующие на судно. Расчёты произведены на примере Керченского пролива.

**Ключевые слова:** посадка на мель, пролив, фарватер, риск, математическая модель, отклонение

**Abstract:** This article is devoted to calculation of grounding probability during vessel's passage in congested waters. For this purpose mathematical model of vessel movement in narrow channels is used. Above mentioned mathematical model takes into consideration hydrometeorological factors, that influence vessel's movement. Calculations were made for Kerch strait passage, as example.

**Key words:** grounding, strait, fairway, risk, mathematical model, deviation.

**Введение.** Практически в каждом рейсе экипаж морского судна сталкивается с задачей прохождения узкостей (проливов, каналов). Движение морских судов в узкости относится к особым условиям плавания. Для прохождения пролива или канала необходим большой практический опыт, поэтому проводкой судов на этих участках морской акватории занимаются лоцманские службы. Рассматривая реальные условия судовождения в отдельно взятой стеснённой акватории (гидротехническом сооружении) на примере Керчь - Еникальского канала (КЕК) и фарватеров Керченского пролива можно отметить значительное количество предпосылок к навигационным происшествиям вследствие неправильной или недостаточной оценки рисков, возникающих в первую очередь от преобладающих гидрометеорологических факторов. Так, оценка рисков от совместного действия ветра и течения производится лоцманами и капитанами эмпирически, на основе накопленного опыта работы (лоцманы) и теоретических знаний (капитаны), при этом наблюдается стабильная недооценка данного риска при движении судов в районе поворота с Бурунского на Еникальское колено КЕК и примыкания к КЕК фарватера №52. При совместном действии ветров южных

направлений и черноморского течения в данном районе у 80% судов каравана отмечаются предпосылки к навигационным происшествиям, а именно: выход за бровку канала без посадки на мель, либо чрезмерное сближение с бровкой канала. При этом вероятность навигационного происшествия возрастает с увеличением осадки и снижением скорости движения (например, у маломощных или возрастных судов). Избежать навигационных происшествий на данном участке удаётся лишь природными особенностями рельефа дна, ввиду чего имеются большие глубины в том числе и за бровками КЕК. В других раструбах КЕК – поворотах с Павловского колена на Бурунское и с Еникальского колена на Чушкинское выход за бровку канала неминуемо приведёт к навигационному происшествию – посадке судна на мель, с последующими дорогостоящими мероприятиями по снятию судна с мели: привлечению буксиров, возможно даже с частичной разгрузкой судна, как случилось при посадке на мель т/х «MARYLAND» в повороте с Чушкинского на Еникальское колено КЕК в марте 2019 года.

На примере судоходства в Керченском проливе был произведен анализ аварийных случаев. Интенсивность судоходства в Керченском проливе составляет около 2000 проходов судов через КЕК в месяц. В таблице 1 перечислены аварийные случаи и их частота. Данные были получены на основе экспертных оценок. Для этой цели, были отобраны 15 экспертов – лоцманы, имеющие стаж работы в акватории Керченского пролива не менее 10 лет.

Таблица 1 – Анализ аварийности в Керченском проливе

| <b>Аварийный случай</b>  | <b>Частота</b>         |
|--|------------------------|
| Посадка на мель из-за выхода за пределы каналов (фарватеров)   | до 5 случаев в год     |
| Выход за пределы канала (фарватера) вследствие технической неисправности без посадки на мель         | до 2 случаев в год     |
| Выход за пределы канала (фарватера) вследствие погодных условий (ветер, течение) без посадки на мель | до 30-50 случаев в год |
| Касание судном бровки канала без посадки на мель, но с потерей скорости                              | до 3 случаев в год     |
| Столкновение (навал) судов при движении каналами (фарватерами)                                       | до 2 случаев в год     |
| Столкновение судна с СНО (буями)   | до 2 случаев в год     |

## Цель исследования

В данной работе нами был предложен подход к оценке вероятности выхода габаритной точки судна за пределы фарватера. Он заключается в статистическом моделировании движения судна при условии 10 % вариации случайных параметров.

## Материалы и методы исследования

Для моделирования необходимо было использовать модель судна, модель системы управления судном, модель акватории, модель гидрометеорологической обстановки. Данные модели были получены в работах профессора Виноградова В.Н. и доцента Ивановского Н.В. Опишем кратко характеристики этих моделей.

Управляемое движение судна в горизонтальной плоскости при наличии течения и различных погодных условий определяется системой нелинейных уравнений.

Управляемое движение судна в горизонтальной плоскости в общем случае можно определить векторной системой нелинейных уравнений вида (1)

$$\frac{dX}{dt} = f(X, U, P) + \zeta(t), X(t_0) = X_0 \quad (1)$$

где

$X(t)$  – вектор фазовых координат, характеризующий движение судна,

$X = (x, y, v_x, v_y, \psi, \omega_z)$ , где  $x, y$  – координаты судна в местной прямоугольной системе координат (МПСК),  $v_x, v_y$  – координаты вектора скорости судна в связанной системе координат (ССК),  $\psi$  – угол курса судна;  $\omega_z$  – угловая скорость вращения судна вокруг вертикальной оси;

$U(t)$  – вектор управляющих воздействий (силы и моменты от рулевого устройства и продольной тяги),  $U = f(n_{об}, \delta)$ , где  $n_{об}$  – частота вращения гребного винта,  $\delta$  – угол перекладки руля;

$P$  – вектор параметров судна (масса, момент инерции, осадка, длина, ширина, коэффициенты сил и моментов и ряд других);

$\zeta(t)$  – векторный случайный процесс, определяемый случайными воздействиями волн, ветра, течением и другими факторами;

Для различного вида маневра судна можно рассматривать частные показатели управляемости судна. Так, например, при маневре установившейся циркуляции в качестве частных показателей управляемости могут рассматриваться моментные характеристики отклонения центра и радиуса циркуляции от опорных значений. При прохождении судном узких проливов частными показателями управляемости могут являться отклонения управляющих воздействий от допустимых (опорных) значений, моментные характеристики отклонений: координат центра масс судна от заданных координат оси канала или фарватера, курса судна и его угловой скорости вращения. В качестве количественной величины управляемости и безопасности прохода судном узкого пролива предлагается рассматривать нормированную среднеквадратическую величину риска (2).

$$R = \int_{\Omega} \left[ F(\Delta \mathbf{P}) \frac{1}{T} \int_{t_0}^T [\Delta \mathbf{X}(\tau) \mathbf{Q}(\tau) \Delta \mathbf{X}^T(\tau) + q(\tau) \delta(\tau)^2] dt \right] d\Delta \mathbf{P} \quad (2)$$

где:

$F(\Delta \mathbf{P})$  – априорный закон распределения вероятности вектора параметров  $\Delta \mathbf{P}$ ;

$\Omega$  – область возможных значений  $\Delta \mathbf{P}$ ;

$\mathbf{Q}(\tau)$  – диагональная неотрицательно определенная матрица весов вектора  $\Delta \mathbf{X}(\tau)$ ;

$q(\tau)$  – неотрицательная функция веса отклонения руля.

Пролив определяется линией оси фарватера, шириной судоходной части фарватера, и глубинами на фарватере. Глубины на фарватере существенно влияют на присоединенные массы и момент инерции судна, кроме того, на возникающие силы и моменты вязкой природы. Влияние глубин учитывается с использованием соответствующих коэффициентов согласно методике, изложенной в справочнике по теории корабля под редакцией профессора Войткунского.

Течение на фарватере рассматривается как некоторая переносная скорость воды, в которой судно совершает относительное движение. Течение определяется постоянным модулем скорости и курсом течения относительно оси фарватера. При движении судна в проливе с течением возникают ускорения.

Линейные ускорения от течения определяются выражениями (3),(4)

$$a_{xT} = -V_T \left( \left( \frac{m_{22}}{m_{11}} + 1 \right) \omega_Z - \omega_T \right) \sin(\Psi_T(x) - \Psi) \quad (3)$$

$$a_{yT} = -V_T \left( \left( \frac{m_{11}}{m_{22}} - 1 \right) \omega_Z + \omega_T \right) \cos(\Psi_T(x) - \Psi) \quad (4)$$

Угловое ускорение от течения определяется выражением (5)

$$a_{\omega T} = -v_T(m_{22}-m_{11})(v_y \cos(\Psi_T(x)-\Psi) - v_x \sin(\Psi_T(x)-\Psi) - v_T \cos(\Psi_T(x)-\Psi) \sin(\Psi_T(x)-\Psi)) / J_z \quad (5)$$

где:

$\omega_T$  – угловая скорость поворота течения на линии фарватера, определяемая выражением (6)

$$\omega_T = \frac{d\Psi_T(x)}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{d\Psi_T(x)}{dx} (V_x \cos(\Psi) - V_y \sin(\Psi) + V_T \cos(\Psi_T(x))) \quad (6)$$

Для описания влияния ветра на движения судна используются понятия истинного и кажущегося ветра. Истинный ветер определяется модулем скорости  $v_A$  и угловым направлением  $\gamma_A$ , кажущийся ветер определяется модулем скорости  $v_K$  и угловым направлением  $\gamma_K$ . Влияние ветра описывается выражениями (7) и (8)

$$v_K^2 = v_A^2 + v^2 + 2v_A v \cos(\gamma_A - \Psi + \beta) \quad (7)$$

$$\gamma_K = \arccos((v + v_A \cos(\gamma_A - \Psi + \beta)) / v_K) - \beta \quad (8)$$

где:

$v$  – модуль скорости судна

Аэродинамические ускорения в связанной системе координат определяются выражениями (9)-(11)

$$a_{xA} = \frac{C_{xA} S_{xA} q_A}{m_{11}} \quad (9)$$

$$a_{yA} = \frac{C_{yA} S_{yA} q_A}{m_{22}} \quad (10)$$

$$a_{\omega A} = \frac{C_{\omega A} S_{yA} q_A L}{J_z} \quad (11)$$

где:

$C_{xA}, C_{yA}, C_{\omega A}$  – аэродинамические коэффициенты судна (зависят от кажущегося угла ветра);

$S_{xA}, S_{yA}$  – площади проекций надводной части судна на плоскость мидель шпангоута и на продольную вертикальную плоскость;

$q_A$  – скоростной напор ветра, описывается выражением (12)

$$q_A = \frac{\rho A V_K^2}{2} \quad (12)$$

Ускорения от морских волн представляются постоянной и переменной составляющими.

Ускорения постоянной составляющей волн определяются выражениями (13)-(15)

$$a_{xV0} = 0.5 \frac{C_{xV} \rho g A_V^2 L}{m_{11}} \quad (13)$$

$$a_{yV0} = 0.5 \frac{C_{yV} \rho g A_V^2 L}{m_{22}} \quad (14)$$

$$a_{\omega V0} = \frac{C_{\omega V} \rho g A_V^2 L^2}{J_Z} \quad (15)$$

где:

$A_V$  – амплитуда регулярной волны;

$\rho$  – плотность массы воды;

$g$  – ускорение свободного падения.

Коэффициенты волновых сил  $C_{xV}, C_{yV}, C_{\omega V}$  зависят от относительной длины волны  $\lambda_V/L$  и курсового угла волны  $\psi_V$ .

Ускорения переменной составляющей волн определяются выражениями (16)-(18)

$$a_{yVp} = \frac{Y_V \cos(\omega_H t)}{m_{22}} \quad (16)$$

$$a_{\omega Vp} = \frac{M_V \sin(\omega_H t)}{J_Z} \quad (17)$$

$$\omega_H = \omega_k \left( 1 - \frac{V \omega_k \cos(\psi_V)}{g} \right) \quad (18)$$

где:

$Y_V, M_V$  – амплитуды боковой силы и момента рысканья, обусловленные воздействием регулярной волны;

$\omega_k$  – частота набегания волны.

В Таблице 2 приведены характеристики погодных условий, при которых проводилось моделирование.

Таблица 2 – Характеристики погодных условий

| $V_T$ [м/с] | $\Psi_T$ (х) [рад] | $V_A$ [м/с] | $\gamma_A$ [град] | $A_V$ [м] | $\Psi_V$ [град] | $\omega_k$ [рад/с] |
|-------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------|-----------------|--------------------|
| 0,6         | 0,000618           | 15          | 30                | 0,5       | 30              | 0,5                |

В качестве управляющего воздействия рассматривалось угловое положение руля судна  $U(t) = \delta(t)$ , число оборотов двигателя судна считалось постоянным ( $n_{об} = 3,5$  об/с). Риск управления при проходе канала рассматривался в виде (19)

$$R_U = \int_{t_0}^T [q_{22}(y_{ж}(\tau) - \hat{y}(\tau))^2 + q_{44}(v_{y_{ж}}(\tau) - \hat{v}_y(\tau))^2 + q_{55}(\Psi_{ж}(\tau) - \hat{\Psi}(\tau))^2 + g\delta^2(\tau)] d\tau \quad (19)$$

Оптимальное угловое положение руля судна формировалось согласно выражению (20)

$$\delta(t) = \delta_0(t) + s_2(t)(y_{ж}(t) - \hat{y}(t)) + s_4(t)(v_{y_{ж}}(t) - \hat{v}_y(t)) + s_5(t)(\Psi_{ж}(t) - \hat{\Psi}(t)) \quad (20)$$

На рисунке 1 приведена траектория судна при проходе канала.

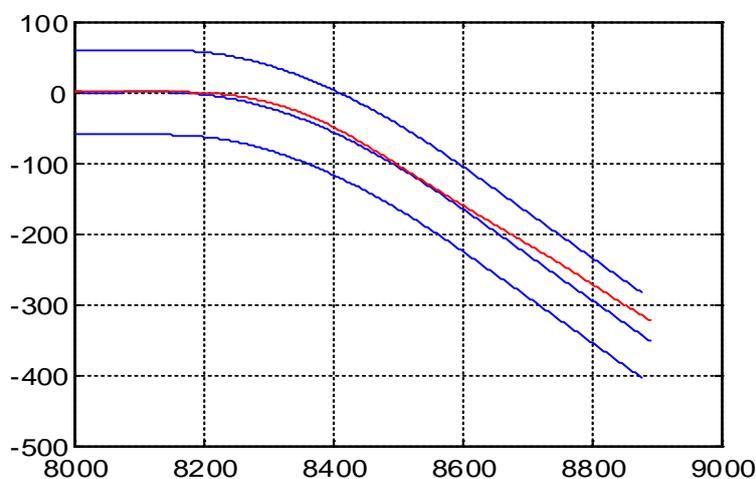


Рисунок 1 – Траектория судна при проходе канала

В работе проводился анализ выхода наиболее выступающей габаритной точки судна за пределы полосы фарватера 30 м при половине ширины фарватера 60 м. Текущее расстояние между габаритной точкой судна и линией фарватера вычислялась по приближенной формуле (21)

$$l_{гр}(t) = y_{ж}(t) - y(t) + (L \sin(|\Psi_{ж}(t) - (t)|) + B \cos(\Psi_{ж}(t) - (t))) \text{sign}(y_{ж}(t) - y(t)) \quad (21)$$

где

$L$  – длина судна

$B$  – ширина судна

Ситуация, когда  $|l_{гр}(t)| > 30$  м и  $|\delta(t)| > 20^\circ$  считалась опасной. Расчет вероятности опасного прохода канала при заданных погодных условиях проводился для 10% значения отклонений случайных параметров  $\mathbf{P}=[m_{11}, m_{22}, J_z]$  от расчетных, методом статистического моделирования. На рисунке 2 приведена вероятность опасной ситуации при проходе канала.

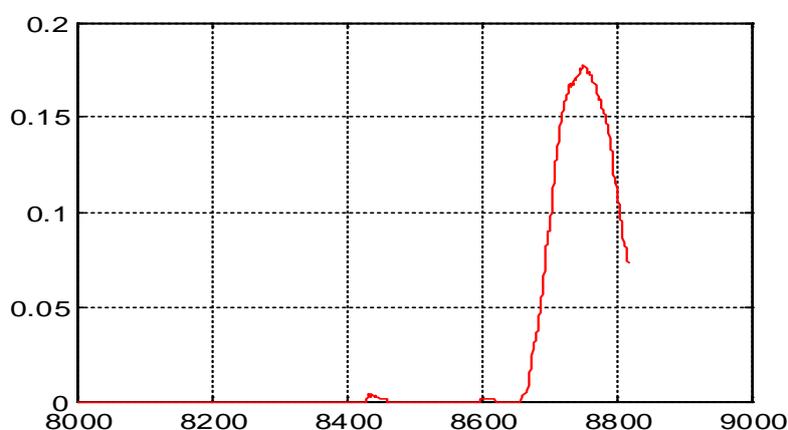


Рисунок 2 – Вероятность опасной ситуации при проходе канала

**Выводы.** Предложенный метод оценки вероятности выхода габаритной точки судна за границу заданной полосы движения может быть использован для любой стесненной акватории, может быть рекомендован в ЭКНИС для планирования перехода. Дальнейшие исследования в этом направлении могут быть связаны с расширением варьируемых параметров модели в том числе не только судна, но и параметров работы навигационного оборудования.

### Список литературы:

1. Виноградов В. Н., Ивановский Н. В., Горячев И. С. Метод оценки навигационных рисков при лоцманской проводке судов// Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции, 13-14 ноября 2018 г. СПб.:ИПТ РАН. – Санкт-Петербург. 2018. Том 1. с. 258-261.
2. Виноградов В.Н., Ивановский Н.В. Анализ влияния случайных параметров судна на управляемость и безопасность // Вестник ВГАВТ. 2018. Выпуск 55. С. 169–180.
3. Войткунский Я.И., Першиц Р.Я., Титов И.А. Справочник по теории корабля. // Л. Судостроение. 1973.г. 512 с.

## АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТОВ И ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

**Аннотация:** В статье рассмотрены типовые алгоритмы расчетов точности измерения навигационных параметров и анализ полученных результатов. Расчеты являются одним из аспектов формирования профессиональных компетенций специалистов судовождения при обучении в КГМТУ. Предложена система применения современных методов эффективного использования математических моделей для оценки точности навигационных измерений.

**Ключевые слова:** Алгоритмы расчетов, профессиональные компетенции, оценка точности, навигационные измерения.

**Abstract:** The article examines type algorithm of calculations index of accuracy the measuring of navigations parameters and analysis the final results. Calculations are use as the aspect formation-professional competency of the specialist of navigation during training in KGMTU. There are proposed the system of employment of today methods efficiency with assistance mathematical models of accuracy the navigations measuring.

**Key words:** Algorithm of calculation, professional competency, index of accuracy, navigations measuring.

### Предисловие

Все наблюдения навигационных параметров, да и не только их, сопровождаются ошибками. Судоводитель в своей работе обязан уметь обрабатывать различные параметры, содержащие ошибки. Эти ошибки по своим свойствам и характеру можно разбить на три основные группы: случайные, систематические ошибки и промахи.

Экспериментально установлено, что почти всегда наиболее сложным случайным ошибкам измерения присущи следующие свойства:

- 1) среднее значение случайных ошибок близко к нулю;
- 2) вероятность появления ошибок равных по значению, но противоположных по знаку, одинакова;
- 3) численно небольшие ошибки более вероятны, чем численно большие;
- 4) случайные ошибки не могут превзойти некоторых границ, связанных с точностью производимых измерений;
- 5) внутри этих границ случайные ошибки могут принимать любые значения в соответствии с подпунктами 2 и 3.

Одной из важнейших характеристик случайных величин является вероятнейшее значение измеренной величины и оценка его точности. Для того, что бы уменьшить влияние случайной ошибки, производится некоторое количество  $n$  измерений навигационного параметра  $a$ .

В судовождении навигационные ошибки измерений принято называть погрешностями измерений. В зависимости от условий и технических средств измерений их погрешности бывают равноточными и неравноточными, связанными между собой корреляционной зависимостью.

### 1. Алгоритмы расчетов оценки точности различных измерений



## Задача 2. Расчеты характеристик неравноточных измерений

**2.1** Исходные данные: серия из  $n$  неравноточных измерений с точностью каждого измерения в серии  $m_i$  или количества тех измерений, которые характеризуют каждое отдельное измерение серии.

**2.2** Рассчитываем веса измерений по формуле  $p_i = k^2/m_i^2$ .  $k$  принимают значения наибольшего СКП, внизу колонки записывают сумму весов  $[p]=\dots$ .

**2.2а** Для взвешивания серии применяют величину относительного веса серии, а веса рассчитывают по формуле  $p_i = n_i/n_{min}$ .

**2.3** Рассчитывают значения  $ИП \cdot p_i$  с суммированием их значений  $[ИП \cdot p_i]$  для расчета величины вероятнейшего значения параметра по формуле:

$$ИП_{вер} = [ИП \cdot p_i] / [p]$$

**2.4** Пятая колонка содержит величины отклонений  $V_i = ИП_i - ИП_{вер}$ ;

**2.5** Рассчитывают произведения квадратов отклонений  $v^2$  на соответствующие веса и находим сумму этих произведений  $[pvv]=\dots$ .

**2.6** Рассчитываем СКП единицы веса по формуле  $m_1 = \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} = \dots$

**2.6а** Рассчитываем СКП вероятнейшего значения параметра  $m_0 = \frac{m}{\sqrt{[p]}} =$

**2.7** Рассчитываем предельную погрешность вероятнейшего значения параметра с заданной надёжностью по формуле  $m_{пред} = t \cdot m_0$ , где  $t$  выбирают по надёжности и числу измерений параметров

2.7

**Задача 3. Расчеты точности параметров изменяющихся во времени и пространстве**

**3.1** Исходные данные:  $\varphi =$  ; ИК(ПУ) = ;  $V =$  ;  $A =$  ;  $OC_i =$  ;  $T_i =$  .

**3.2** Рассчитать промежутки времени  $\Delta T_i$  между  $T_0$  и текущим моментом  $T_i$ ,  $\Delta T_i = T_0 - T_i$  и записать результаты (минуты и секунды) во вторую колонку

**3.3** Записать в третью колонку те же промежутки  $\Delta T_i$ , но секунды выразить в десятых долях минуты (возможно выражать интервалы в десятках секунд).

**3.4** По широте  $\varphi$  и азимуту светила  $A$  рассчитать поправку за одну минуту  $\Delta h_T^1$  для приведения высоты светила к одному моменту аналитически или по таблице 3.32 из МТ-2000

**3.5** По скорости и курсовому углу (азимуту  $A$  – ИК) рассчитать поправку за одну минуту  $\Delta h_z$  для приведения высоты светила к одному зениту аналитически или по таблице 3.33 из МТ-2000

**3.6** Рассчитать совместную поправку за 1 минуту:

$$\Delta h^1 = \Delta h_z^1 + \Delta h_T^1 = \dots$$

3.9

**3.7** Рассчитывают величины поправок всех отсчетов  $\Delta h_i = \Delta T_i \cdot \Delta h_{\text{общ}}^1$ , результаты фиксируют в четвертой колонке

**3.8** В шестой колонке рассчитываем и фиксируем приведенные отсчёты секстанта  $OC_{\text{пр}} = \Delta h_i + OC_i$ . Это уже сравнимые величины, пригодные для расчетов характеристик точности навигационного параметра.

**3.9** Величины  $OC_{\text{пр}}$  отличаются от  $OC$  на момент  $T_0$  больше чем на 3,0 единицы параметра?

Да

3.6

Нет

3.1

3.9

**3.10** По данным шестой колонки рассчитываем и фиксируем под ней вероятнейшее значение  $OC$  на  $T_0$ , как среднее арифметическое от  $OC_{npi}$ :  
$$OC_{cp} = [OC_{npi}] / n$$

**3.11** В последние две колонки вносим уклонения  $v_i = OC_{cp} - OC_{npi}$  и квадраты уклонений  $v_i^2$  соответственно. Внизу колонок находим сумму уклонений  $[v_i]$  и сумму квадратов уклонений  $[v_i^2]$ .

3.14

**3.12** Рассчитать методом уклонений или Бесселя  $m_B = \pm \sqrt{\sum v_i^2 / (n - 1)}$ . Предельная погрешность единичного измерения  $m_{пред} = 3m$ .

**3.13** Рассчитываем методом размаха:  $R = OC_{nprmax} - OC_{nprmin}$ ;  $m_R = \pm k_n \cdot R$ ; величину  $k_n$  выбирают из специальных таблиц по числу измерений  $n$ .

**3.14** Величин  $m_B$  и  $m_R$  отличаются больше чем на 0,7 единицы параметра?

Да

3.11

Нет

**3.15** Рассчитываем СКП вероятнейшего значения параметра  
 $m_0 = \pm m / \sqrt{n}$ .

**3.16** Доверительный интервал единичного измерения находят по известному количеству измерений, доверительной вероятности  $\alpha$  и коэффициенту  $\tau$ .  
Определяем  $\varepsilon = \tau \cdot m$  и получаем интервал:  $m - \varepsilon \leq m_{ист} \leq m + \varepsilon$ .

**3.17** Рассчитываем надёжность  $\alpha$  для заданного доверительного интервала  $m \pm \varepsilon$ . Вычисляем  $\tau = \varepsilon / m$  и обратным входом в таблицу по  $n$  и  $\tau$  получаем надёжность  $\alpha$ .

3.18



Рисунок 1.- Укрупненная блок-схема решения задач оценки характеристик точности навигационных параметров

## 2. Методические указания по решению задач оценки точности навигационных параметров

### 2.1 Задача №1. Определить характеристики равноточных измерений

Разберём всё показанное в алгоритме первой задачи на конкретном числовом примере. При расчетах учитываем, что при стоянке судна на якоре получена серия из 9 измерений горизонтального угла секстаном:

$OC_i$ :  $36^\circ 18,7'$ ;  $36^\circ 18,3'$ ;  $36^\circ 16,8'$ ;  $36^\circ 19,4'$ ;  $36^\circ 17,6'$ ;  $36^\circ 18,2'$ ;  $36^\circ 19,7'$ ;  $36^\circ 16,0'$ ;  $36^\circ 16,9'$ .

Рассчитать:

- вероятнейшее значение горизонтального угла;
- СКП одного (любого) измерения двумя способами;
- предельную погрешность одного измерения;
- СКП вероятнейшего значения;
- предельную погрешность вероятнейшего значения

1. Составляем расчётную таблицу, в первой колонке которой серия изме-

рений, во второй уклонения, в третьей квадраты уклонений (табл. 2.1).

Внизу первой колонки записываем вероятнейшее значение горизонтального угла. Внизу последней колонки - сумму квадратов уклонений.

$$V_i = OC_i - OC_{ср}$$

2. Рассчитываем СКП и предельную погрешность одного измерения:

- методом внутренней сходимости по формуле (9):

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{12.18}{9-1}} = \pm 1,2' \quad m_{пред} = 3m = \pm 3,6';$$

Таблица 2.1 – Пример расчетов при решении задачи №1

| i | OC <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> | v v  |
|---|-----------------|----------------|------|
| 1 | 36° 18.7'       | 0.7            | 0.49 |
| 2 | 36 18.3         | 0.3            | 0.09 |
| 3 | 36 16.8         | -1.2           | 1.44 |
| 4 | 36 19.4         | 1.4            | 1.96 |
| 5 | 36 17.6         | -0.4           | 0.16 |
| 6 | 36 18.2         | 0.2            | 0.04 |
| 7 | 36 19.7         | 1.7            | 2.89 |
| 8 | 36 16.0         | -2.0           | 4.00 |
| 9 | 36 16.9         | -1.1           | 1.21 |

[vv] 12.28

$$OC_{ср} = 36^\circ 18.0' \quad 0,0$$

- методом размаха:

$$OC_{max} = 36^\circ 19,7',$$

$$OC_{min} = 36^\circ 16,8',$$

$$R = 2,9',$$

$$k_n = 0.337,$$

$$m = k_n R = \pm 1,1.'$$

3. Рассчитываем СКП и предельную погрешность вероятнейшего значения по величинам первых значений СКП:

$$m_0 = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{1,2'}{\sqrt{9}} = \pm 0,4'$$

$$m_{0пред} = 3 \cdot 0,4' = \pm 1,2'$$

Контролем результата служит равенство нулю суммы отклонений  $v_i$ , показанное внизу соответствующей колонки таблицы 2.1.

## 2.2 Задача №2. Расчеты характеристик неравноточных измерений

Дано: серия из шести пеленгов ИП, измеренных с разной точностью и соответствующие им СКП.

Таблица 2.2 - Результаты измерений неравноточных (разновесных) пеленгов

|          | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ИП       | 315.6°          | 315.4°          | 316.2°          | 316.1°          | 316.2°          | 315.6           |
| $m_{ип}$ | $\pm 0.4^\circ$ | $\pm 0.7^\circ$ | $\pm 1.2^\circ$ | $\pm 0.8^\circ$ | $\pm 0.6^\circ$ | $\pm 0.9^\circ$ |

Определить:

1. Веса каждого измерения.
2. Вероятнейшее значение измеренного параметра.
3. СКП единицы веса.
4. СКП вероятнейшего значения и оценить его доверительной оценкой с надёжностью 0.99.

Решение:

1. Составляем расчётную таблицу №2:

- в первую колонку вносим серию измерений;
- во второй колонке записаны СКП каждого измерения;

- в третьей колонке рассчитываем веса измерений по формуле  $P_i = \frac{k^2}{m_i^2}$ , за

коэффициент  $k$  принимаем квадрат значения наибольшего СКП  $m_{unmax}=1.2^\circ$  (третье измерение)  $k=(1.2)^2=1.44$  и внизу колонки записываем сумму весов  $[p]=21$ ;

- для четвертой колонки рассчитываем значения  $ИП \cdot p_i$  с суммированием их значений для расчета  $ИП_{вер}$ ;

- пятая колонка содержит величины отклонений  $V_i = ИП_i - ИП_{вер}$ ;

- в последней колонке рассчитываем произведения квадратов отклонений  $v^2$  на соответствующие веса и находим сумму этих произведений  $[pvv]=1.90$ .

- Рассчитываем вероятнейшее значение по формуле:

$$ИП_{вер} = \frac{6620,6}{21,0} = 315,8^{\circ}$$

Таблица 2.3 – Расчет характеристик разновесных измерений

| $ИП_i$ | $m_i$             | $P_i$ | $ИП \cdot p_i$ | $V_i$   | $pv^2$ |
|--------|-------------------|-------|----------------|---------|--------|
| 315.6  | $\pm 0.4^{\circ}$ | 9.0   | 2840.4         | -0.2    | 0.36   |
| 315.4  | $\pm 0.7^{\circ}$ | 2.9   | 914.7          | -0.4    | 0.46   |
| 316.2  | $\pm 1.2^{\circ}$ | 1.0   | 316.2          | 0.4     | 0.16   |
| 316.1  | $\pm 0.8^{\circ}$ | 2.3   | 727.0          | 0.3     | 0.21   |
| 316.2  | $\pm 0.6^{\circ}$ | 4.0   | 1264.8         | 0.4     | 0.64   |
| 315.6  | $\pm 0.9^{\circ}$ | 1.8   | 568.1          | -0.2    | 0.07   |
|        |                   | 21.0  | 6631.4         | $[pvv]$ | 1.90   |

2. Рассчитываем СКП единицы веса по формуле алгоритма (2.6):

$$m_1 = \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{1.90}{6-1}} = \pm 0.62^{\circ}$$

3. Рассчитываем СКП вероятнейшего значения параметра и предельную погрешность вероятнейшего значения с заданной надёжностью по формулам алгоритма (2.6а, 2.7):

$$m_0 = \frac{m}{\sqrt{[p]}} = \frac{0,62'}{\sqrt{21}} = \pm 0,13^{\circ}$$

при  $P = 0,99$ , по таблице 3  $t = 4.03$

$$m_{0пред} = 4.03 \cdot 0.13' = \pm 0.52^{\circ}$$

Истинное значение  $ИП_{ист}$  находится в интервале от  $315,28^{\circ}$  до  $316,32^{\circ}$ .

### 2.3 Задача №3. Расчеты точности параметров изменяющихся во времени и пространстве

Исходные данные задачи.

В широте  $\varphi = 36.5^{\circ}N$  судно следует ИК =  $114^{\circ}$  со скоростью  $V = 16$  уз. Измерена серия 7 высот светила, азимут которого  $A = 60,7^{\circ} SO^{st}$ .

Моменты наблюдения  $T_i$  и отсчёты секстана  $OC_i$  приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4- Результаты измерений высот Солнца секстаном.

|       |                  |          |          |          |          |          |          |
|-------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $T_i$ | $10^h 57^m 13^s$ | 10 57 58 | 10 58 48 | 10 59 35 | 11 00 27 | 11 01 10 | 11 02 02 |
|-------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|

|        |          |       |          |       |       |       |       |
|--------|----------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| $OC_i$ | 29°46,7' | 55.5' | 30°04,8' | 12,0' | 20,8' | 29,0' | 39,5' |
|--------|----------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|

**Задание:**

1. привести  $OC_i$  к одному зениту и моменту времени.

**Рассчитать:**

- вероятнейшее значение высоты светила;
- СКП единичного измерения двумя способами;
- предельную погрешность единичного измерения;
- доверительный интервал, накрывающий истинное значение СКП единичного значения с надёжностью (вероятностью) 0,90.
- надёжность  $\alpha$  определения СКП для доверительного интервала в 0,5 единицу измеряемого параметра ( $\pm 0,5'$ )
- СКП вероятнейшего значения;
- предельную погрешность вероятнейшего значения измеренной величины и доверительный интервал накрывающий истинное значение измеряемой величины с надёжностью (вероятностью) 0,95.
- надёжность  $\alpha$  для доверительного интервала в одну единицу измеряемого параметра ( $\pm 1'$ ).

**Решение:**

Составляем расчётную таблицу 8, в первую колонку записываем моменты наблюдений, в пятую - отсчёты секстанов.

Таблица 2.4 - Расчеты промежуточных величин

| 1   | 2                              | 3                 | 4                         | 5         | 6         | 7     | 8       |
|---|--------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------|-----------|-------|---------|
| $T_i$   | $\Delta T_i$                   | $\Delta T_i$      | $\Delta h_T + \Delta h_z$ | $OC_i$    | $OC_{пр}$ | $v_i$ | $v_i^2$ |
| 10 <sup>ч</sup> 57 <sup>м</sup> 13 <sup>с</sup> | 2 <sup>м</sup> 22 <sup>с</sup> | 2.37 <sup>м</sup> | 25.5'                     | 29° 46.7' | 30° 12.2' | -0.2  | 0.04    |
| 10 57 58  | 1 37                           | 1.62              | 17.4                      | 29 55.5   | 30 12.9   | 0.5   | 0.25    |
| 10 58 48  | 0 47                           | 0.78              | 8.4                       | 30 4.8    | 30 13.2   | 0.8   | 0.64    |
| 10 59 35  | 0 0                            | 0.00              | 0.0                       | 30 12.0   | 30 12.0   | -0.4  | 0.16    |
| 11 0 27   | 0 -52                          | -0.87             | -9.3                      | 30 20.8   | 30 11.5   | -0.9  | 0.81    |
| 11 1 10   | -1 -35                         | -1.58             | -17.1                     | 30 29.0   | 30 11.9   | -0.5  | 0.25    |

|                 |   |   |    |     |       |       |    |      |    |      |                   |      |
|-----------------|---|---|----|-----|-------|-------|----|------|----|------|-------------------|------|
| 11              | 2 | 2 | -2 | -27 | -2.45 | -26.4 | 30 | 39.5 | 30 | 13.1 | 0.7               | 0.49 |
| OC=30°12.4' 0.0 |   |   |    |     |       |       |    |      |    |      | $\Sigma v^2=2.64$ |      |

Выбираем момент времени  $T_0$  к которому будем приводить все измерения серии, чаще всего это или средний, или последний момент. Возьмём средний момент времени, в нашем случае четвёртый, т.е.  $T_0 = T_4$ .

Рассчитываем промежутки времени  $\Delta T_i$  между  $T_0$  и текущим моментом  $T_i$ ,  $\Delta T_i = T_0 - T_i$  и вносим результаты во вторую колонку. В третью колонку внесём те же промежутки  $\Delta T_i$ , но секунды выразим в десятых долях минуты.

Рассчитаем поправки для приведения высоты светила к одному моменту и к одному зениту:

из таблицы 17 МТ-75 по широте  $\varphi$  и азимуту на светило  $A$

$$\Delta h_T^{10} = +1,75'; \quad \Delta h_T^1 = 6 \cdot 1,75' = 10,50'$$

Из таблицы 16 МТ-75(63) по скорости  $V = 16$  уз и  $KY = 119,3^\circ - 114^\circ = 5,3^\circ$

$$\Delta h_z^1 = +0,27.$$

Рассчитываем совместную поправку за 1 минуту:

$$\Delta h^1 = \Delta h_z^1 + \Delta h_T^1 = 10,77$$

Рассчитываем произведения  $\Delta h_i = \Delta T_i \cdot \Delta h^1$ , результаты вносим в четвёртую колонку.

В шестой колонке рассчитываем приведенные отсчёты секстана

$$OC_{npi} = \Delta h_i + OC_i$$

Находим вероятнейшее значение  $OC$  на  $T_0$  (четвёртый момент времени) – внизу колонки среднее арифметическое от  $OC_{npi}$ .

Рассчитываем СКП:

При использовании метода внутренней сходимости в последние две колонки записывают уклонения  $v_i$  и квадраты уклонений  $v_i^2$  соответственно. Внизу колонок находим сумму уклонений и сумму квадратов уклонений. По формуле рассчитываем методом уклонений или Бесселя:

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{2.6}{7-1}} = \pm 0,66'$$

При использовании метода размаха формуле рассчитываем :

$$OC_{max} = 30^{\circ}13.2'; \quad OC_{min} = 30^{\circ}11.5'; \quad R = 1.7'; \quad k_n = 0.370$$

$$m = k_n R = \pm 0.63'$$

Предельная погрешность единичного измерения  $m_{пред} = 3m = \pm 2.0'$

Находим доверительный интервал единичного измерения,

по известному количеству наблюдений  $n = 7$  и заданному в условии  $\alpha = 0,90$  из таблицы находим значение коэффициента  $\tau = 0,65$ .

$$\text{Рассчитываем } \varepsilon = \tau \cdot m = 0.65 \cdot 0.66' = \pm 0.44'$$

Находим  $m - \varepsilon = 0,22$  и  $m + \varepsilon = 1,1$  следовательно  $0,22 \leq m_{ист} \leq 1,1$ .

Рассчитываем надёжность  $\alpha$  для заданного доверительного интервала  $m \pm \varepsilon$ . В примере  $\varepsilon = 0.5'$ . Вычисляем  $\tau = \varepsilon/m = 0.75$  и обратным входом в таблицу 6 по  $n=7$  измерениям и по известному  $\tau=0.75$  получаем надёжность  $\alpha > 0.9$ .

Рассчитываем СКП вероятнейшего значения по формуле (2.6):

$$m_0 = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{0,66'}{\sqrt{7}} = \pm 0,25'$$

Находим предельную погрешность вероятнейшего значения и доверительный интервал:

по известному количеству наблюдений  $n = 7$  и заданному в условии  $\alpha = 0,95$  из таблицы 2.2 находим значение коэффициента  $t = 2.45$ .

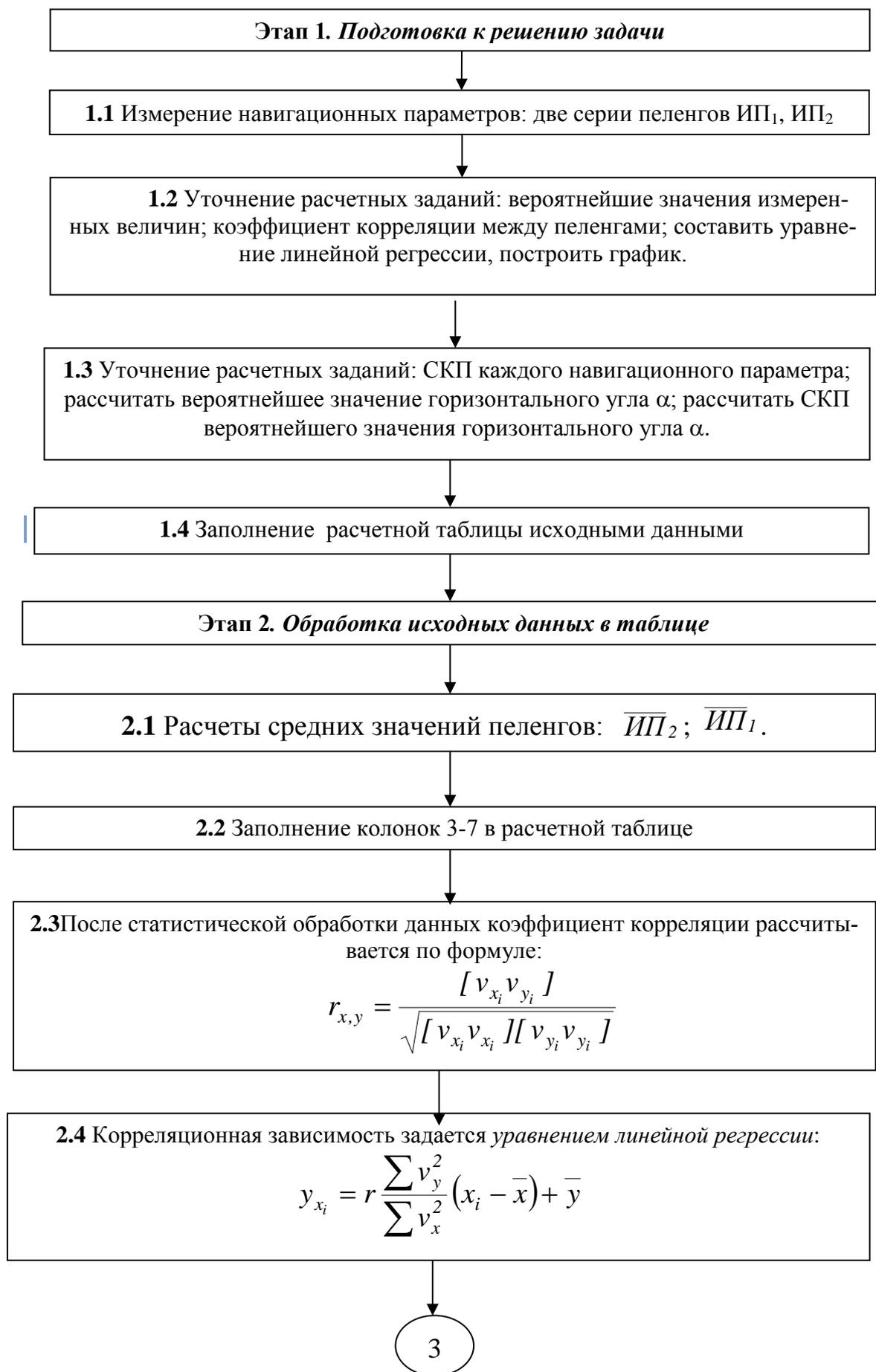
$$m_{0пред} = t m_0 = 2,45 \cdot 0.25' = 0.6', \quad \text{следовательно } 30^{\circ}11,8' \leq OC_{ист} \leq 30^{\circ}13,0'.$$

Рассчитываем надёжность  $\alpha$  для заданного  $m_{0пред} = \pm 1'$ , рассчитываем  $t = m_{0пред}/m_0 = 4$ .

Далее обратным входом в таблицу 5 по  $n=7$  измерениям и по найденному получаем надёжность  $\alpha > 0.99$ .

Обычно вычисления на ходовом мостике лучше проводить на специальном расчетном бланке, вид которого приведен в приложении 1.

### 3. Алгоритм обработки статистических данных методами линейной корреляции



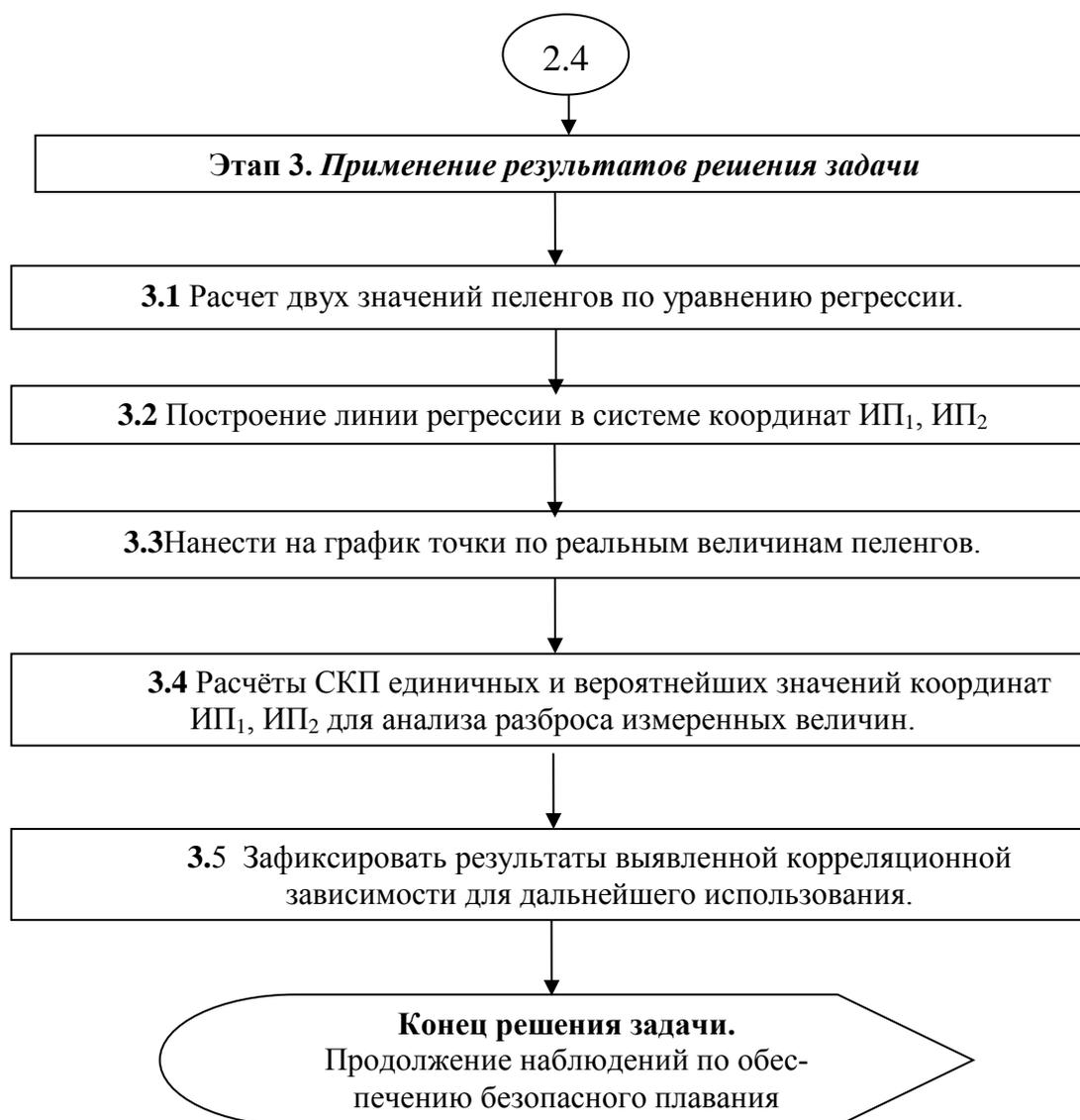


Рисунок 1. Укрупненная блок-схема расчета корреляционной зависимости навигационных параметров

#### 4. Методические указания по обработке статистических данных методами линейной корреляции.

Произведены одновременные измерения двух серий величин  $x$  и  $y$ . Разумеется, эти измерения были подвержены влиянию случайных ошибок. Как уже говорилось выше, причины возникновения случайных ошибок многочисленны и практически не поддаются учёту. Среди них могут быть ошибки, выражаю-

щие некоторую неизвестную нам закономерность, или ошибки, *одновременно* влияющие на обе величины. То есть эти серии измерений уже нельзя считать независимыми друг от друга. С другой стороны, сказать, что они связаны жёсткой функциональной зависимостью вида  $y=ax+b$ , тоже нельзя. В нашем случае взаимосвязь является *статистической*, т.е. при изменении величины  $x$  величина  $y$  имеет *тенденцию* также изменяться.

Эта тенденция соблюдается лишь в большей или меньшей степени, а в каждом конкретном случае возможны отклонения от неё. Зависимость в таких случаях называется *корреляционной* и характеризуется *коэффициентом корреляции*  $r$  ( $-1 \leq r \leq 1$ ). Если  $r > 0$ , то большим значениям  $x$  в среднем соответствуют большие значения  $y$  и наоборот. Чаще всего эта тенденция носит линейный характер. Если  $r = \pm 1$ , то зависимость становится функциональной. При  $r < 0.2$  можно считать, что величины не коррелированы.

Стоит заметить, что разговор в этой задаче идет о наиболее частом случае корреляции – линейной корреляции. В случае корреляционной зависимости более высоких порядков (гиперболическая, параболическая) зависимости для коэффициента линейной корреляции могут не выполняться, а сам коэффициент рассчитывается более сложным образом.

Численное значение коэффициента  $r$  можно найти из специально организованных наблюдений. В штурманской практике нередко возникает необходимость учёта корреляционной зависимости при решении ряда навигационных задач, в первую очередь в вопросах оценки точности обсервации.

Для определения коэффициента корреляции необходимо измерить при более или менее идентичных условиях  $n$  парных значений двух навигационных параметров  $x_i$  и  $y_i$  (например, два пеленга береговых ориентиров). После определённой статистической обработки данных коэффициент корреляции рассчитывается по формуле:

$$r_{x,y} = \frac{[v_{x_i} v_{y_i}]}{\sqrt{[v_{x_i} v_{x_i}][v_{y_i} v_{y_i}]}} \quad (1)$$

где  $v_{xi}$  и  $v_{yi}$  отклонения величин  $x_i$  и  $y_i$  от вероятнейших значений соответственно.

Сама зависимость будет задаваться *уравнением линейной регрессии*:

$$y_{x_i} = r \frac{\sum v_y^2}{\sum v_x^2} (x_i - \bar{x}) + \bar{y}, \quad (2)$$

где  $\bar{y}$  и  $\bar{x}$  вероятнейшие значения измеряемых величин.

Смысл уравнения линейной регрессии можно выразить так, каждому значению  $x_i$  с наибольшей вероятностью будет соответствовать значение  $y_{xi}$ .

Теперь обратимся к такому важному случаю, когда некоторая искомая величина  $a$  определяется, как функция непосредственно измеряемых величин  $x$ ,  $y$ :  $a = f(x, y)$ .

Предположим, что величины  $x$ , укоррелированы, т.е. если налицо взаимная зависимость случайных ошибок в аргументах  $x$  и  $y$ , в этом случае, СКП величины  $a$  определяется следующим образом:

$$m_a = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 m_y^2 + 2r_{xy} \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right) \cdot \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right) \cdot |m_x| \cdot |m_y|} \quad (3)$$

В случае отсутствия корреляционной связи между величинами  $x$  и  $y$ , формула (3) сократится на третье слагаемое подкоренного выражения.

Пример: Дано: две серии пеленгов ИП<sub>1</sub>, ИП<sub>2</sub>.

|                 |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ИП <sub>1</sub> | 30.8° | 34.9° | 36.5° | 39.2° | 38.9° | 40.0° | 45.8° | 44.1° |
| ИП <sub>2</sub> | 81.0° | 78.8° | 78.2° | 85.0° | 80.6° | 84.4° | 83.5° | 87.7° |

Найти:

1. вероятнейшие значения измеренных величин;
2. коэффициент корреляции между пеленгами;
3. составить уравнение линейной регрессии, построить график;
4. СКП каждого навигационного параметра;
5. рассчитать вероятнейшее значение горизонтального угла
6. рассчитать СКП вероятнейшего значения горизонтального угла

Решение:

1. Составляем расчётную таблицу:

1.1 во вторую и восьмую колонку вводим ИП<sub>2</sub> и ИП<sub>1</sub> соответственно и рассчитываем вероятнейшее значение (среднее арифметическое) каждой величины;

1.2 в третьей и седьмой колонках рассчитываем соответствующие уклоны вышеперечисленных величин;

Таблица 1. – Расчеты элементов корреляционной зависимости

| 1                 | 2                     | 3                      | 4                                  | 5                                      | 6                                  | 7                      | 8                     |
|-------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>n</i>          | <i>ИП<sub>2</sub></i> | <i>v<sub>un2</sub></i> | <i>v<sup>2</sup><sub>un2</sub></i> | <i>v<sub>un2</sub>·v<sub>un1</sub></i> | <i>v<sup>2</sup><sub>un1</sub></i> | <i>v<sub>un1</sub></i> | <i>ИП<sub>1</sub></i> |
| 1                 | 81.0                  | 1.4                    | 2.0                                | 11.2                                   | 63.6                               | 8.0                    | 30.8                  |
| 2                 | 78.8                  | 3.6                    | 13.0                               | 14.0                                   | 15.0                               | 3.9                    | 34.9                  |
| 3                 | 78.2                  | 4.2                    | 17.6                               | 9.6                                    | 5.2                                | 2.3                    | 36.5                  |
| 4                 | 85.0                  | -2.6                   | 6.8                                | 1.1                                    | 0.2                                | -0.4                   | 39.2                  |
| 5                 | 80.6                  | 1.8                    | 3.2                                | -0.2                                   | 0.0                                | -0.1                   | 38.9                  |
| 6                 | 84.4                  | -2.0                   | 4.0                                | 2.4                                    | 1.5                                | -1.2                   | 40.0                  |
| 7                 | 83.5                  | -1.1                   | 1.2                                | 7.7                                    | 49.4                               | -7.0                   | 45.8                  |
| 8                 | 87.7                  | -5.3                   | 28.1                               | 28.2                                   | 28.4                               | -5.3                   | 44.1                  |
| $\overline{ИП}_2$ | 82.4                  | $\Sigma$               | 75.86                              | 73.95                                  | 163.2                              | $\overline{ИП}_1$      | 38.8                  |

1.3 в четвёртой и шестой колонках квадраты уклонений;

1.4 в пятой их произведения;

1.5 внизу 4 – 6 колонок находим их суммы.

2. По формуле (1) находим коэффициент корреляции:

$$r_{x,y} = \frac{[v_{x_i} v_{y_i}]}{\sqrt{[v_{x_i} v_{x_i}] [v_{y_i} v_{y_i}]}} = \frac{73.95}{\sqrt{163.2 \cdot 75.86}} = 0.665$$

3. Составляем уравнение линейной регрессии по формуле (2):

$$ИП_{2_{un_i}} = 0,665 \frac{\sum v_{un_2}^2}{\sum v_{un_1}^2} (ИП_{1_i} - \overline{ИП}_1) + \overline{ИП}_2$$

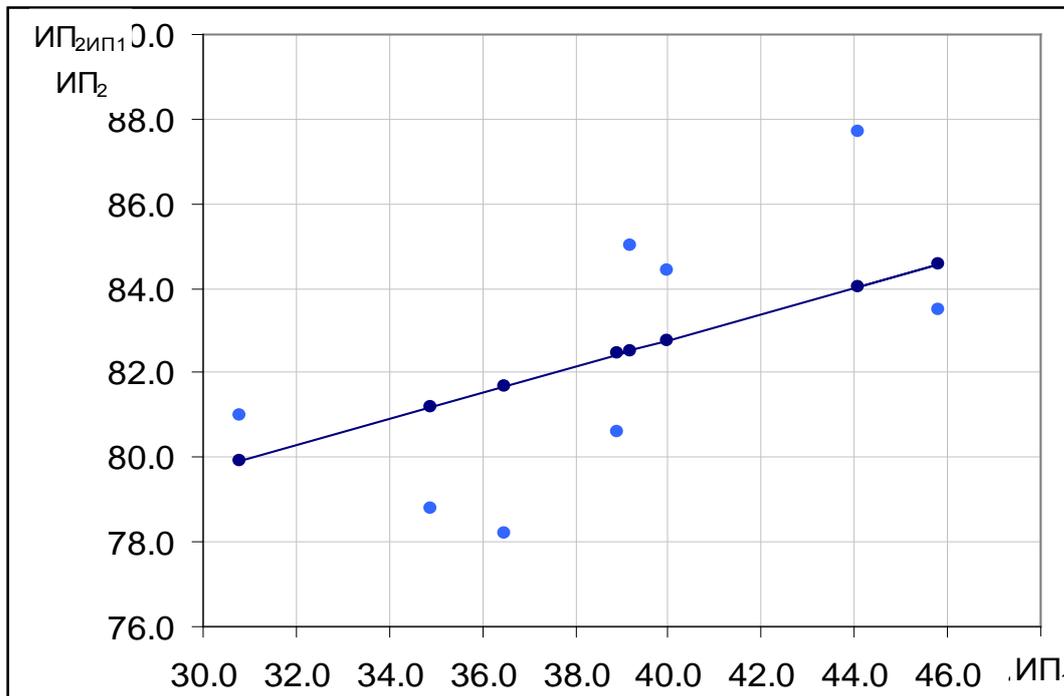
$$ИП_{2_{un_i}} = 0,309 \cdot ИП_{1_i} + 70.40$$

4. Рассчитываем по уравнению точки линейной регрессии:

|                       |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>ИП<sub>1</sub></i> | 30,8 | 34,9 | 36,5 | 39,2 | 38,9 | 40,0 | 45,8 | 44,1 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|

|               |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $IIP_{2un_1}$ | 79,9 | 81,2 | 81,7 | 82,5 | 82,4 | 82,8 | 84,6 | 84,0 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|

5, Строим зависимость  $IIP_{2un_1}$  от  $IIP_1$



6. Рассчитываем СКП единичных значений измеренных пеленгов:

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{163.2}{8-1}} = \pm 4.8^\circ;$$

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{75.9}{8-1}} = \pm 3.3^\circ$$

7. По формуле СКП вероятнейших значений пеленгов рассчитываем:

$$m_{0_1} = \frac{4.8^\circ}{\sqrt{8}} = \pm 1.7^\circ$$

$$m_{0_2} = \frac{3.3^\circ}{\sqrt{8}} = \pm 1.2^\circ$$

2. Рассчитываем значение горизонтального угла  $\square$

$$\alpha = \overline{IIP}_2 - \overline{IIP}_1 = 82.4^\circ - 38.8^\circ = 43.6^\circ$$

8, Для расчёта СКП горизонтального угла  $\square\square\square$  находим частные про

водные пеленгов:  $\frac{\partial \alpha}{\partial IIP_2} = 1; \frac{\partial \alpha}{\partial IIP_1} = -1.$

Расчет СКП разности пеленгов и линейной регрессии этой же величины

проведем по двум соответствующим формулам

- расчет без учёта корреляционной зависимости выполним по упрощенной формуле (3):

$$m_{\alpha} = \sqrt{1.7^2 + 1.2^2} = \pm 2.1^{\circ}$$

- с учётом корреляционной зависимости по формуле (3):

$$m_{\alpha} = \sqrt{1.7^2 + 1.2^2 - 2 \cdot 0.7 \cdot 1.7 \cdot 1.2} = \pm 1.2^{\circ}$$

Как видим, учёт корреляционной зависимости даёт меньшее значение погрешности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Расчетный бланк

**Расчет СКП измерения высоты светила**

Светило \_\_\_\_\_

Условия наблюдений:  $\varphi =$  \_\_\_\_\_ ;  $A =$  \_\_\_\_\_  
 $V =$  \_\_\_\_\_ ; ИК(ПУ) = \_\_\_\_\_

| № п/п | $T_i$ | $\Delta T_1$ мин сек | $\Delta T_2$ десятки сек | $\Delta h_{\text{общ}}$ | ОС <sub>i</sub> | ОС <sub>инр</sub>  | $V_i$ | $VV$ |
|-------|-------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------|-------|------|
| 1     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 2     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 3     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 4     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 5     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 6     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 7     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 8     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 9     |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 10    |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
| 11    |       |                      |                          |                         |                 |                    |       |      |
|       |       |                      |                          |                         |                 | ОС <sub>ср</sub> = | ΣVV=  |      |

Поправка за суточное движение земли:  $\Delta h_T = 15 \cdot \cos \varphi \cdot \sin A =$

= \_\_\_\_\_

Поправка за перемещением судна:  $\Delta h_Z = \frac{V}{60} \cdot \cos(A - \text{ПУ}) =$

= \_\_\_\_\_

Общая поправка приведения высот светил:  $\Delta h_{\text{общ}}^1 = \Delta h_T + \Delta h_Z =$

= \_\_\_\_\_

Выбор поправок из таблиц:

$$\Delta h_{\text{общ}} = (\Delta h_m + \frac{1}{6} \Delta h_z) \Delta T_2 =$$

табл.17табл.16 из МТ 75  
табл. 3.32 табл. 3.33 из Мт 2000

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum VV}{n-1}} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$m = \pm K \cdot R = \underline{\hspace{10em}}$$

$$m_0 = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \underline{\hspace{10em}}$$

**Выполнил** \_\_\_\_\_

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Погрешности навигационных измерений в судовождении**

|                       | Случайные погрешности  | Систематические погрешности  | Промахи  |
|-----------------------|--|--|--|
| <b>Свойства</b>       | <b>Величина и знак</b> в каждом измерении <b>свои</b> . Обладают свойствами случайных величин подчиненных нормальному закону распределения таких величин.  | <b>Величина и знак</b> в каждом измерении <b>постоянные</b> .  | <b>Величина на порядок</b> превышает точность измерений.   |
| <b>Особенности</b>    | <b>Анализ и учет</b> . Величины рассчитывают по сериям измерений или выбирают из справочников.   | <b>Возможно исключение</b> переводом в поправки или методами измерений.  | <b>Могут быть</b> предпосылками или причинами морских аварий.  |
| <b>Характеристики</b> | Основная характеристика <b>СКП отдельного измерения</b><br>$m = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_0 - x_i)^2}{n-1}}$ $m = \pm k(x_{max} - x_{min})$ <b>СКП средней арифметической величины измерения</b><br>$m_0 = \pm \frac{m}{\sqrt{n}}$ | <b>Величину и знак</b> определяют по формуле: $\Delta = U_0 - U$<br>$U_0$ - истинное значение измеренной величины параметра;<br>$U$ - измеренная величина параметра. | <b>Исключаются</b> поощью внимательного контроля измерений или использования избыточных изолиний или линий положения (ЛП). |
| <b>Влияние на ОМС</b> | Приводят к <b>смещению</b> ЛП на ширину полосы<br>$m_{лп} = \pm \frac{m}{g}$ Дают <b>вес линии положения</b><br>$P = \frac{1}{m_{лп}^2}$   | Приводят к <b>смещению места судна</b> по биссектрисе внешнего угла между двумя линиями положения.   | <b>Дают ошибочное место судна</b> при использовании только двух изолиний или линий положения.                              |

**Выводы.** Учитывая сложность и достаточную трудоемкость ручных рас-

четов на судне рекомендуется подготовить подпрограмму компьютерных расчетов характеристик измерений навигационных параметров.

Не следует забывать, что характеристики измерений навигационных параметров используются для оценки точности места судна.

Естественно, что расчеты характеристик точности измерений навигационных параметров могут быть получены как из технической документации навигационных приборов и справочников, так и путем непосредственных измерений. Ценность последних характеристик заключается в том, что реальные величины из конкретных наблюдений более полно и точно показывают уровень квалификации и профессионализм конкретного оператора данного судна и при фактических условиях плавания. Полезность реальных измерений параметров повышает уровень работы оператора, его практических навыков и умений согласно требований официальных документов по формированию профессиональных компетенций.

Конечно, всем ясно, что указанные выше примеры расчетов характеристик измерений могут выполняться без малейшего ущерба по обеспечению безопасности плавания судна.

Рекомендации.

1. Для качественной подготовки судоводителя надо первых дней учебы и до конца дней работы знать таблицу «Погрешности навигационных измерений в судовождении», стр. 17.

2. Оценку точности измерений судоводителю надо знать, чтобы повышать безопасность плавания или снижать навигационную аварийность как при ручных, так и при автоматизированных измерениях навигационных параметров.

3. Контроль полученных знаний и умений в решении всех задач ведется в процессе проведения всех видов учебного процесса с широким использованием проведения тестирования, как было указано в одной из предыдущих публикаций автора.

4. Закрепление полученных знаний и умений расчетов и применений показательной точности измерений продолжается при выполнении первой части

курсовой работы на тему «ОМС и оценка его точности».

### Список литературы:

1. Алексишин В.Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания / В.Г. Алексишин, Л.А. Козырь, С.В. Симоненко. – М. Издание «Феникс» 2009. -517 с.
2. Алексишин В.Г. Международные и национальные стандарты безопасности мореплавания / В.Г. Алексишин, Л.А. Козырь, Г.Р. Короткий. – О.: Изд. «Латстар», 2002. – 255 с.
3. Алексишин В.Г. Практическое судовождение / В.Г. Алексишин, В.Т. Долгочуб. – О.: «Феникс», 2008. – 376 с.
4. Баранов Ю.К. Навигация / Ю.К. Баранов, М.И. Гаврюк, В.А. Логиновский, Ю.А. Песков.- Санкт-Петербург 1997 - 510 с.
5. Баранов Ю.К. Современные способы навигации /Ю.К. Баранов, М.М. Лесков, А.П. Ющенко. – Л.: «Морской транспорт». 1961 – 182 с.
6. Белобров А.П. Курс навигации и лоции. Ч. I. Навигация /А.П. Белобров, Н.А. Сакеллари и др. - Л.: Воениздат, 1951.
7. Борисова Л.Ф. Обеспечение безопасного судоходства в рыбопромысловых районах. Учебное пособие. /Л.Ф. Борисова. – М.: МОРКНИГА, 2016. – 410 с.
8. Бухановский И.Л. Навигационные ошибки. / И.Л. Бухановский. – М.: МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ. 1956.
9. Кожухов В.П. Математические основы судовождения / В.П. Кожухов, В.В. Григорьев, С.М. Лукин - М.: Транспорт, 1980 – 230 с.
10. Кожухов В.П. Математические основы судовождения / В.П. Кожухов, В.В. Григорьев, С.М. Лукин - М.: Транспорт, 1987 - 208 с.
11. Кожухов В.П. Математические основы судовождения / В.П. Кожухов, А.М. Жухлин, В.Т. Кондрашихин - М.: Транспорт, 1993 - 200 с.
12. Козлов А.Д. Оценка точности определения места корабля / А.Д. Козлов. - Издание ГУ ВМС 1954 -190 с.
13. Кондрашихин В.Т. Математическая обработка задач судовождения: Конспект лекций. Выпуск I / В.Г. Кондрашихин - – Одесса: ОВИМУ, 1969г. – 39с.
14. Лесков М.М. Ошибки навигационных определений /М.М. Лесков, Н.И. Гаврюк. –М.: «Транспорт». 1964 – 136 с.
15. Мизерницкий А.И. Навигация / А.И. Мизерницкий - М.: Морской транспорт 1963 -526 с.
16. Мойсеенко С.С., Мейлер Л.Е. Управление рисками в мореплавании и промышленном рыболовстве: учебное пособие для вузов / С.С. Мойсеенко, Л.Е. Мейлер. – М. МОРКНИГА, 2017. – 380 с.
17. Ольховский В.Е. Промысловая навигация: учебное пособие для вузов / В.Е. Ольховский, А.И. Танцюра, В.И. Яковлев. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 428 с.
18. Ольховский В.Е. и др. Автоматизация промыслового судовождения и тактическое управление промыслом / В.Е. Ольховский, М.Н. Андреев, А.А. Левин, В.И. Яковлев. – учебное пособие для вузов. - М.: Издательство «ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ». 1970. – 278 с.
19. Ольховский В.Е. Определение места судна при помощи радиотехнических средств (вопросы навигации) / В.Е. Ольховский. - М.: Издательство «МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ». 1956. – 71 с.
20. Пазынич Г.И. Элементы тактики тралового лова /Г.И. Пазынич, В.С. Тишинский. – Калининград: Кн. Изд-во, 1976. 135 с.
21. Рыбалтовский Н.Ю. Математическая обработка задач судовождения / Н.Ю. Рыбалтовский - М.: Морской транспорт 1959. – 182 с.

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СУДОВОДИТЕЛЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

**Аннотация:** В статье рассмотрены теоретические и практические проблемы формирования профессиональных компетенций специалистов судовождения при изучении специальных дисциплин. Рассмотрены состав и связь компетенций с учебными дисциплинами специальности. Предложено применение единой методики использования компетенций при решении основных задач безопасного плавания морских промысловых и транспортных судов.

**Ключевые слова:** Профессиональные компетенции, безопасное плавание.

**Abstract:** The article examines theory and practice in formation competency of the specialist of navigation during study special discipline. There analysis composition and communication competencies with study disciplines of speciality, There are proposed the system of unit methods for using competencies during decision main mission of safety navigation seagoing fishery and transport ships.

**Key words:** Professional competencies, safety navigation.

### Введение

Судоводители изучают много специальных и профилирующих дисциплин, которые, по своему, формируют различные виды компетенций. Все они предназначены для обеспечения безаварийной работы морских судов в различных условиях плавания.

Отечественная наука судовождения за послевоенные десятилетия прошла достаточно интенсивный, трудный, специфический и интересный период развития. Основными участниками и творцами этого процесса были отечественные работники министерства морского флота [1; 4; 6; 9; 12; 17; 25; 26] и флота рыбной промышленности (ФРП) [7; 13; 18; 20; 22; 24; 30] огромной страны при двух общественных строях.

Изменение идеологии отечественных моряков в историческом плане последних десятилетий можно считать движением от романтизма середины двадцатого столетия к прагматизму начала двадцать первого века.

Основными особенностями работы морских специалистов на первом этапе следует считать интенсивное внедрение математических методов решения профессиональных задач одновременно с использованием достижений научно-технической революции в теории и практике технических средствах мореплавания [5; 8; 14; 15; 16; 21; 23]. Последние десятилетия перед сменой общественного строя потребовали от отечественных моряков перехода на международные требования по всем видам мореплавания. Особенно большой перестройки потребовала подготовка морских специалистов под стандарты работы на иностранных судах [2; 11]. Абсолютно обязательными стали все международные требования после смены общественного строя применительно к согласованию всех официальных документов по безопасности плавания, развитию соответствующей морской инфраструктуры на флоте и в области подготовки морских профессионалов. Особенно непривычным для отечественных морских педагогических кадров был переход подготовки всех моряков на базе профессиональных компетенций [3; 7; 18; 27].

Несмотря на все трудности освоения новых требований, отечественная школа подготовки морских специалистов за счет грамотных усилий её кадров, успешно справилась с новыми задачами и без перерыва начала поставлять на мировой флот квалифицированные кадры профессионалов [28; 29; 30]. Положительную роль в этом сыграло и то обстоятельство, что потребность в таких кадрах существовала постоянно, а молодые наши соотечественники не отказывались осваивать трудную морскую науку и работать в море при любых условиях плавания.

Подготовка судоводителей морского и промыслового флота требует твердых знаний и умений для решения многих профессиональных задач. Основные требования подготовки определяет Федеральный Государственный образовательный стандарт (ФГОС) по специальности 26.15.15 «Судовождение» [27]. В отличие от ранее используемых современные отечественные стандарты подготовки морских специалистов базируются на применении компетенций, знание которых необходи-

мо для обеспечения качественной работы профессионалов различного уровня [2], [7].

### **1. Необходимость получения судоводителями современных знаний и умений по решению профессиональных задач**

Необходимость качественной подготовки судоводителей морского флота в современных условиях обусловлена многими причинами. К ним относятся:

- сложности современного мореплавания по составу и содержанию решаемых технических, организационных, экономических и юридических задач;

- разнообразие реальных морских условий работы и используемых технических средств перевозки грузов, добычи и обработки улова требуют применения научно обоснованных методов управления такими процессами;

- высокая стоимость результатов работы и возможные большие материальные потери при ошибках управления требуют применения рациональных методов решения производственных задач;

- современные профессионалы судовождения должны знать и уметь эффективно использовать уже разработанные и успешно применяющиеся на практике методы решения различных профессиональных задач;

- на современном морском и промысловом флоте практически нет других специалистов, кроме судоводителей, которые получают и используют знания и умения по грамотному и многоступенчатому комплексному решению задач обеспечения безопасного плавания и управления сложными производственными процессами;

- особенностью современного мореплавания следует считать существенные различия методов разработки и решения задач безопасного плавания и управления производством на различных уровнях руководства международной и государственной морской инфраструктуры;

- существующие международные, государственные и отраслевые морские системы позволяют и требуют не только разработки эффективных методов решения профессиональных задач, но соответствующей подготовки специалистов судовождения;

- оснащенность современных морских судов вычислительной техникой пригодной для грамотного использования современных знаний и умений по решению самых сложных профессиональных задач.

Судоводители изучают много специальных и профилирующих дисциплин, которые по своему формируют различные профессиональные компетенции. Все компетенции предназначены для обеспечения безаварийной работы морских судов в различных условиях плавания.

## **2. Сущность компетенций и документы по их формированию**

Современный государственный стандарт подготовки судоводителей ФГОС 3++ представляет совокупность обязательных требований при реализации основных профессиональных образовательных программ (ОПОП). При этом для подготовки специалистов судовождения предусмотрены 8 универсальных компетенций (ПК 1-8), шесть общеобразовательных компетенций (ОПК 1-6) и необходимое количество обязательных и рекомендуемых профессиональных компетенций (ПК).

Совокупность компетенций, предусмотренных программой специалитета, должны обеспечить выпускнику способность осуществлять профессиональную деятельность и решать задачи профессиональной деятельности не менее чем одного типа установленного данным федеральным законом. Организация, реализующая требования федерального закона, определяет индикаторы достижения компетентности, установленные примерной основной образовательной программой (ПООП).

Конкретное содержание образования по специальности судовождения определяется и утверждается организацией высшего образования. В частном случае это наш университет, использующий соответствующую ПООП специалитета. Совокупность запланированных результатов обучения должна обеспечивать формирование у выпускника всех компетенций установленных программой специалитета. Для специальности судовождение особое значение имеют профессиональные компетенции, содержание которых наиболее полно изложено в современных международных требованиях подготовки морских

специалистов, без выполнения которых резко снижается конкурентоспособность наших выпускников на мировом морском флоте.

Основной профессиональной образовательной программой (ОПОП) по специальности 26.05.05 Судовождение предусмотрено освоение профессиональных компетенций в соответствии с требованиями Конвенции ПДНВ -78, с поправками [29] или одноименного Кодекса, как отдельной главы Конвенции СОЛАС – 74 [28]. Кодекс ПДНВ, с поправками, часть А содержит описание профессиональных компетенций в главе II – Капитан и палубная команда. Раздел А-II/2 – Обязательные минимальные требования для дипломирования капитанов и старших помощников капитана судов валовой вместимостью 500 и более, перечисляет следующие пункты стандарта компетентности:

1. Каждый кандидат на получение диплома капитана или старшего помощника капитана судов валовой вместимостью 500 или более должен продемонстрировать компетентность, позволяющую ему принять на себя на уровне управления задачи, обязанности и ответственность, перечисленные в колонке 1 таблицы А-II/2.

2. Минимальные знание, понимание и профессиональные навыки, требуемые для дипломирования, перечислены в колонке 2 таблицы А-II/2. Этот перечень включает, расширяет и углубляет вопросы, перечисленные в колонке 2 таблицы А-II/1 для вахтенных помощников капитана.

3. Принимая во внимание тот факт, что ответственность за безопасность и охрану судна, его пассажиров, экипажа и груза, а также защиту морской среды от загрязнения с судна, в конечном счете несет капитан и что старший помощник капитана должен быть постоянно готов принять на себя эту ответственность, оценка по этим вопросам должна выявить способность кандидатов усвоить всю доступную информацию, влияющую на обеспечение безопасности судна, его пассажиров, экипажа и груза или защиту морской среды.

4. Уровень знаний по вопросам, перечисленным в колонке 2 таблицы А-II/2, должен быть достаточным для того, чтобы кандидат мог работать в должности капитана или старшего помощника капитана.

5. Уровень теоретических знаний, понимания и профессиональных навыков, требуемый согласно различным разделам в колонке 2 таблицы А-П/2, может изменяться в зависимости от того, должен ли диплом быть действителен для судов валовой вместимостью 3 000 или более или для судов валовой вместимостью от 500 до 3 000.

6. Подготовка и опыт, требующиеся для достижения необходимого уровня теоретических знаний, понимания и профессиональных навыков, должны принимать во внимание соответствующие требования настоящей части и руководство, приведенное в части В настоящего Кодекса.

7. Каждый кандидат на получение диплома должен представить доказательство того, что он достиг требуемого стандарта компетентности, в соответствии с методами демонстрации компетентности и критериями для оценки компетентности, приведенными в колонках 3 и 4 таблицы А-П/2.

Таблица А-П/2 – Спецификация минимального стандарта компетентности для тех же специалистов судовождения, определяет содержание компетенций[28],[29]. Колонка 1 – *Сфера компетентности*, которая в ОПОП чаще фигурирует под именем профессиональной компетенции с номером (ПК - №). Колонка 2 – *Знание, понимание и профессиональные навыки*, которая расширяет и уточняет содержание, объем и методы решения конкретных профессиональных задач. Колонка 3 – *Методы демонстрации компетентности*, которые указывают возможные места, формы подготовки и оценки результатов.

Колонка 4 – *Критерии для оценки компетентности*, включает перечень оборудования, исходной информации, методов решения профессиональных задач необходимых для оценки результатов формирования компетенции.

При формировании компетенций следует учитывать особенности стандарта компетентности:

- подчеркнута связь между подготовкой специалистов уровня управления на базе формирования компетенций уровня эксплуатации из таблицы А-П/1 для вахтенных помощников капитана;

- при формировании компетенций рассматриваются три вида подготовки специалистов: теоретические знания, понимания и профессиональные навыки. На практике эта особенность требует в каждой компетенции знания, умения и владения методами решения профессиональных задач, соответственно необходимых индикаторов достижения компетенции.

### **3. Теория и практика формирования ПК при изучении специальных дисциплин.**

Теория формирования профессиональных компетенций направлена на получение знаний в первую очередь при проведении лекционных занятий самостоятельной работы. При этом изучают физическую сущность рассматриваемых явлений и аналитические зависимости между параметрами решаемых задач.

Практика формирования компетенций направлена на выработку определенных умений в виде навыков или способов решения профессиональных задач с эффективным использованием в реальных условиях полученных результатов. Главное заключается в обеспечении безопасного плавания за счет своевременного выполнения правильных управляющих действий.

Владения требуют от специалиста развития и применения способностей осваивать и расширять современные теоретические знания и практические умения решать профессиональные задачи. При этом основное внимание направлено на получение возможностей совершенствовать методы решения задач при изменении различных условий плавания.

Таким образом, теория и практика формирования компетенций направлена на разработку универсальных методов подготовки всех морских специалистов и судоводителей в первую очередь. Ступенчатый процесс подготовки специалистов плавсостава является основой комплексного формирования различных компетенций на этапах контроля подготовки специалиста. Содержание и конкретный план получения знаний, умений и владений на конкретном этапе подготовки специалиста в строгой последовательности нормируется в специальном разделе рабочих программ каждой учебной дисциплины. Первый пункт

требований рабочей программы в табличном виде содержит «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы».

Результаты обучения по дисциплине должны обеспечить формирование компетенций, предусмотренных ОПОП специалитета 26.05.05 Судовождение, а также достижения обучающимися компетентности требуемой Таблицами А-П/1÷2 Кодекса ПДНВ [29], [30] (см. фрагмент таблицы 1).

Таблица 1. –Формирование профессиональных компетенций

| Код и наименование компетенции*  | Индикаторы достижения компетенции   | Основание (ПС, анализ опыта)  | Планируемые результаты освоения дисциплины  | Указание дисциплины, где предусмотрено освоение компетенции   |
|--|---|---|---|---|
| <p><b>К -1.</b><br/>Способен планировать и осуществлять переход, определять местоположение судна</p> | <p>ПК-1.2.<br/>Умеет определять местоположение судна с помощью ориентиров, средств навигационного ограждения.</p> | <p><b>Таблицы А-П/1-2, Кодекса ПДНВ.</b><br/><br/>Сфера компетенции: судовождение на уровне эксплуатации и управления</p> | <p><b>Знать:</b><br/>- правила и методы рациональных расчетов и вычислений с заданной точностью (З-1);<br/>- основы сферической тригонометрии и их применение к решению различных задач (З-2);<br/>- основы теории навигационных функций (З-3);<br/>- принципиальные основы определения места судна с оценкой его точности различными методами (З-4);<br/>- формализацию задачи определения места судна (З-5);<br/>и т.д. до З -13.<br/><b>Уметь:</b><br/>-измерять дуги и углы (У-1);<br/>- решать сферические треугольники (У-2);<br/>- рассчитывать точность измерений (У-3);<br/>- вести расчеты искомых величин различными методами с точностью не ниже точности исходных данных (У-4);<br/>и т.д. до У-8.<br/><b>Владеть:</b><br/>- навыками использования средств навигационного ограждения для измерения навигационных параметров (В-1);<br/>- методами формализации задачи определения места судна (В-2);<br/>-оптимизационными методами при обработке измерений и метода наименьших квадратов в задаче определении места судна (В-3);<br/>- способностью за достаточно короткий срок решать конкретные задачи по определению числимых и обсервованных координат места судна, оценке их точности и навигационной безопасности судовождения различными способами (по формулам, с помощью Мореходных таблиц и с применением вычислительной техники) (В-4).</p> | <p>Тема 1<br/><br/>Тема 7<br/><br/>Тема 8<br/><br/>Тема 9<br/><br/>Тема 10<br/><br/>Тема 11<br/><br/><br/>Тема 12</p> |

Для качественного формирования знаний, умений и владений каждой профессиональной компетенции могут использоваться следующие принципы:

- использование базовых знаний, умений и владений, которые обеспечивают грамотное решение конкретной профессиональной задачи;

- применение всех знаний, умений и владений должны обеспечивать непрерывность подготовки специалистов;

- при формировании компетенций все знания, умения и владения должны развиваться от простого к сложному;

- все знания, умения и владения должны применяться целенаправленно и строго последовательно;

- при формировании компетенций все знания, умения и владения должны иметь обязательную связь теории с практикой.

Качество предложений по формированию компетенций требует четких пониманий всех нюансов решаемых профессиональных задач при выполнении компетенции. Порядок разработки или возможные этапы подготовки предложений могут иметь следующий вид.

1. Изучить суть метода решения, учитывая исходные данные, параметры или особенности задачи, известные временные или другие зависимости.

2. Изучить и проверить известный порядок решения и способы контроля итогов.

3. Проверить влияние изменения параметров задачи или условий её применения.

4. Исследовать возможное развитие метода решения или его совершенствование.

5. Проверить возможное использование метода решения для других подобных задач.

6. Проконтролировать использование результата решения для обеспечения безопасного плавания.

7. Проанализировать значение задачи для всего процесса плавания.

8. Определить место задачи в общей системе управления безопасностью плавания

При разработке вышеназванных предложений помогает повторение решений аналогичных задач, углубление методов решения по первоисточникам, изучение нового в данной области управления безопасным плаванием, применение опыта лучших производителей, восстановление знаний и навыков полученных ранее.

Обязательные пути повышения качества знаний и практических навыков:

- самостоятельность работы на всех этапах,
- понимание сущности рассматриваемых физических процессов,
- тщательный анализ принципов взаимодействия составных частей рассматриваемой системы,
- помощь коллегам на всех этапах работы,
- контроль методики или порядка расчетов в своих и чужих результатах решений задач,
- использование алгоритмов расчетов при решении задач,
- применение общего и личного программного обеспечения,
- контроль результатов расчетов в своих и чужих решениях задач.

#### **4. Назначение ФОС и применяемые методы оценки полученных знаний**

##### ***4.1 Назначение фонда оценочных средств (ФОС) по дисциплине***

Фонд оценочных средств(ФОС) по учебной дисциплине – совокупность контрольных материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимся установленных результатов обучения, а также уровня сформированности всех компетенций (или их частей), закрепленных за дисциплиной. ФОС используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Задачи ФОС:

– управление процессом приобретения обучающимися необходимых знаний, умений, навыков и формированием компетенций, определенных в ФГОС ВО и Конвенции ПДНВ-78 с поправками, по соответствующему направлению подготовки (специальности) [27], [29];

– оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины с выделением положительных/отрицательных результатов и планирование предупреждающих/корректирующих мероприятий;

– обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение в образовательный процесс университета инновационных методов обучения;

– самоподготовка и самоконтроль обучающихся в процессе обучения.

ФОС позволяет оценить освоение всех указанных выше дескрипторов компетенции, установленных ОПОП и Международной конвенцией ПДНВ-78 с поправками. В качестве методов оценивания применяются: наблюдение за работой (Performancetests), наблюдение за действиями в смоделированных условиях (Simulationtests), применение активных методов обучения, экспресс-тестирование, программированные тесты.

#### ***4.2 Контроль формирования компетенций***

Все виды подготовки специалистов неоднократно контролируются на всех этапах подготовки и уровнях управления работой морского судна.

Методы контроля сформированности профессиональных компетенций для Международных требований предусмотрены Таблицами А-II/1÷2 Кодекса ПДНВ [29] и специальной колонкой таблицы 1.

Этапы контроля сформированности любой компетенции определяется планом подготовки специалиста по конкретной учебной дисциплине и четко регламентированы рабочей программой данной учебной дисциплины.

Методы контроля знаний и умений с их методическим обеспечением надо проводить непрерывно с постепенным усложнением уровня контроля в процессе приобретения и применения знаний и умений, при эффективном методическом обеспечении контроля.

В процессе подготовки специалистов используют следующие этапы контроля:

- занятия промежуточные и итоговые,
- итог контроля учебной работы,

- промежуточный контроль практических знаний и умений на плавательных практиках,
- квалификационный контроль выпускников,
- контроль практической подготовки при присвоении квалификационных документов,
- контроль практических навыков при поступлении на работу, на рабочем месте.

Организация тестового контроля для формирования профессиональных компетенций подробно рассмотрена в авторской статье «Современные особенности тестового контроля при формировании профессиональных компетенций судоводителей в КГМТУ».

Фиксация результатов контроля выполняется в соответствии с рекомендациями государственных и отраслевых официальных органов дипломирования специалистов.

### **Некоторые выводы и предложения**

Целью исследования было применение единой методики формирования профессиональных компетенций для решения профессиональных задач судовождения.

Цели и задачи формирования профессиональных компетенций определяются современной международной методикой подготовки морских специалистов. Эти требования для специальности судовождение адаптированы к особенностям отечественной высшей школы в ФГОС [27], [7], ПООП, ОПОП. При этом разработаны и внедрены в практику подготовки специалистов обязательные понятия элементов компетенций: индикаторы достижения компетентности, знания, умения и владения методами решения отдельных элементов и целых профессиональных задач специальности.

Особое значение имеет разработка связей компетенций всех видов с учебными дисциплинами специальности. Для эффективного формирования компетенций применяются специальные педагогические приемы во время различных видов занятий. В широких пределах от единицы до 13 изменяется число

учебных дисциплин, при изучении которых курсанты участвуют в формировании отдельных профессиональных компетенций. Исключением являются программы двух последних плавательных практик, которые содержат требования по формированию 31 и 26 профессиональных компетенций. Качество формирования компетенций специалиста проверяется при государственной аттестации выпускников.

Число индикаторов достижения компетентности в пределах каждой из них колеблется от двух до 18-ти. С другой стороны количество профессиональных компетенций, которые «работают» или по которым осуществляется формирование необходимых знаний, умений и владений при изучении конкретной учебной дисциплины колеблется от единицы до 15-ти.

Все перечисленные в двух последних абзацах числа строго отражаются в специальных таблицах ОПОП. Данные этих таблиц и вся программа подготовки специалиста не исключает определенных трудностей при реализации этих документов по следующим причинам:

**1. Расплывчатые формулировки** компетенций, в которых часто рассматриваются различные стороны деятельности специалиста.

**2. Связь каждой компетенции** с различными сторонами будущей работы специалиста.

**3. Требования каждой компетенции** по освоению большого числа знаний, умений и владений.

**4. Одновременное формирование многих ПК** на каждом этапе подготовки специалиста.

**5. Жесткая зависимость каждого элемента любых ПК** от многих условий работы в морской инфраструктуре: сложная техника, внутренние и внешние условия её использования.

**6. Необходимость выделения в каждой компетенции отдельных блоков** их освоения с индикаторами деятельности.

В конечном итоге, для совершенствования теории и практики формирования профессиональных компетенций судоводителей остается достаточное поле деятельности.

### Список литературы:

1. Алексишин В.Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания / В.Г. Алексишин, Л.А. Козырь, С.В. Симоненко. – М. Издание «Феникс» 2009. -517 с.
2. Алексишин В.Г. Международные и национальные стандарты безопасности мореплавания / В.Г. Алексишин, Л.А. Козырь, Г.Р. Короткий. – О.: Изд. «Латстар», 2002. – 255 с.
3. Алексишин В.Г. Практическое судовождение / В.Г. Алексишин, В.Т. Долгочуб. – О.: «Феникс», 2008. – 376 с.
4. Баранов Ю.К. Навигация / Ю.К. Баранов, М.И. Гаврюк, В.А. Логиновский, Ю.А. Песков.- Санкт-Петербург 1997 - 510 с.
5. Баранов Ю.К. Современные способы навигации /Ю.К. Баранов, М.М. Лесков, А.П. Ющенко. – Л.: «Морской транспорт». 1961 – 182 с.
6. Белобров А.П. Курс навигации и лоции. Ч. I. Навигация /А.П. Белобров, Н.А. Сакеллари и др. - Л.: Воениздат, 1951.
7. Борисова Л.Ф. Обеспечение безопасного судоходства в рыбопромысловых районах. Учебное пособие. /Л.Ф. Борисова. – М.: МОРКНИГА, 2016. – 410 с.
8. Бухановский И.Л. Навигационные ошибки. / И.Л. Бухановский. – М.: МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ. 1956.
9. Каврайский В.В. Избранные труды т1 / В.В. Каврайский – Л. УГС ВМФ 1956 -358 с.
10. Кожухов В.П. Математические основы судовождения / В.П. Кожухов, В.В. Григорьев, С.М. Лукин - М.: Транспорт, 1980 – 230 с.
11. Кожухов В.П. Математические основы судовождения / В.П. Кожухов, В.В. Григорьев, С.М. Лукин - М.: Транспорт, 1987 - 208 с.
12. Кожухов В.П. Математические основы судовождения / В.П. Кожухов, А.М. Жухлин, В.Т. Кондрашихин - М.: Транспорт, 1993 - 200 с.
13. Козин М.А. Управление промыслом: проблемы, решения / М.А. Козин, А.А. Кутуев, Г.И. Пазынич – Калининград: Кн. Издательство, - 1987. - 145 с.
14. Козлов А.Д. Оценка точности определения места корабля / А.Д. Козлов. - Издание ГУ ВМС 1954 -190 с.
15. Кондрашихин В.Т. Математическая обработка задач судовождения: Конспект лекций. Выпуск I. / В.Г. Кондрашихин - – Одесса: ОВИМУ, 1969г. – 39с.
16. Лесков М.М. Ошибки навигационных определений /М.М. Лесков, Н.И. Гаврюк. – М.: «Транспорт». 1964 – 136 с.
17. Мизерницкий А.И. Навигация / А.И. Мизерницкий - М.: Морской транспорт 1963 -526 с.
18. Мойсеенко С.С., Мейлер Л.Е. Управление рисками в мореплавании и промышленном рыболовстве: учебное пособие для вузов / С.С. Мойсеенко, Л.Е. Мейлер. – М. МОРКНИГА, 2017. – 380 с.
19. Ольховский В.Е. Промысловая навигация: учебное пособие для вузов / В.Е. Ольховский, А.И. Танцюра, В.И. Яковлев. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 428 с.
20. Ольховский В.Е. и др. Автоматизация промыслового судовождения и тактическое управление промыслом / В.Е. Ольховский, М.Н. Андреев, А.А. Левин, В.И. Яковлев. – учебное пособие для вузов. - М.: Издательство «ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ». 1970. – 278 с.

21. Ольховский В.Е. Определение места судна при помощи радиотехнических средств (вопросы навигации) / В.Е. Ольховский. - М.: Издательство «МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ». 1956. – 71 с.
22. Пазынич Г.И. Элементы тактики тралового лова / Г.И. Пазынич, В.С. Тишинский. – Калининград: Кн. Изд-во, 1976. 135 с.
23. Рыбалтовский Н.Ю. Математическая обработка задач судовождения / Н.Ю. Рыбалтовский - М.: Морской транспорт 1959. – 182 с.
24. Управление промысловыми судами (вопросы судовождения). - Калининград: Кн. изд. 1969 – 307 с.
25. Ухов К.С. Навигация. / К.С. Ухов. – Л.: Водтранспорт, 1954. – 448 с.
26. Ющенко А.П. Навигация / А.П. Ющенко, М.М. Лесков. – М.: «Транспорт». 1965 – 412 с.

### **Нормативные правовые акты**

27. Федеральный Государственный Образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 180403 Судовождение. Приказ Министерства образования №2056 от 24. 12. 2010 – 35 с.
28. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года, текст, измененный Протоколом 1988 года к ней с поправками (СОЛАС – 74). – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010. – 992 с.
29. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (ПДМНВ) с поправками. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2010. – 806 с. ISBN 978-5-8072-01109-6
30. Международная конвенция 1995 года о подготовке и дипломировании персонала рыболовных судов и несению вахты (ПДНВ-Р,95).(заключительный акт, приложение 2). – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2000. – 192 с. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Fishing Vessel Personnel, 1995 (STCW-F,95)

## АСОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ И СПЛОЧЕННОСТИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА ВОДНЫХ ПУТЯХ АРКТИКИ

**Аннотация:** Исследованы современные тенденции изменения толщины и сплоченности ледяного покрова на арктических водных путях. Для следующих по указанным путям судов оценена динамика изменения вероятностей их встречи со льдами, превышающими предельные по ледовому классу характеристики, в разные сезоны на примере наиболее сложных участков Северного морского пути — проливов Санникова и Вилькицкого.

В качестве исходных данных о состоянии ледяного покрова использованы результаты реанализа GLORYS12.v1, предварительно верифицированные по данным спутникового мониторинга и архивной информации с полярных станций. Применение реанализа обосновано тем, что применяемые ныне методы мониторинга изменений ледовой обстановки имеют ограничения по дискретности наблюдения за конкретным участком акватории. Валидация результатов реанализа для условий проливов Вилькицкого и Санникова подтвердила их приемлемое соответствие результатам фактических наблюдений. Поэтому данный реанализ применен как источник фактического материала о среднесуточных значениях сплоченности и толщине ледяного покрова различных участков акваторий упомянутых проливов. Обработка данных и выявление тенденций проводились с использованием традиционных статистических методов.

В результате исследования установлено, что с в целом за период с 1993 по 2018 гг. в обоих проливах имело место монотонное снижение вероятности появления ледяного покрова с характеристиками, превышающими допустимые ограничения по ледовому классу. Аналогичные тенденции выявлены и в большинстве других акваторий Арктики, что подтверждает реалистичность и возможность дальнейшего расширения навигационного периода на арктических трассах.

Однако, начиная с 2009–2012 гг., в летние месяцы зафиксирован противоположный тренд на увеличение толщины и сплоченности льда, что стало причиной некоторого ухудшения условий судоходства в этот период. Предложено объяснение выявленному феномену.

Отмечено, что несмотря на общее улучшение условий судоходства в Арктике, факт появления противоположных трендов подтверждает актуальность дальнейшего развития ледокольного флота.

**Ключевые слова:** Северный морской путь, пролив Вилькицкого, пролив Санникова, сплоченность, толщина, ледяной покров, навигация, ледовый класс, тенденция, реанализ

**Abstract:** The current trends of changes in the thickness and cohesion of the ice cover on the Arctic waterways are studied. For vessels following these routes, the dynamics of changes in the probabilities of their meeting with ice exceeding the maximum ice class characteristics in different seasons is estimated using the example of the most difficult sections of the Northern Sea Route — the Sannikov and Vilkitsky Straits.

As initial data on the state of the ice cover, the results of the GLORYS12.v1 reanalysis were used, previously verified according to satellite monitoring data and archival information from polar stations. The use of reanalysis is justified by the fact that the currently used methods for monitoring changes in the ice situation have limitations on the discreteness of monitoring a specific area of the water area. Validation of the reanalysis results for the conditions of the Vilkitsky and Sannikov Straits confirmed their acceptable compliance with the results of actual observations. Therefore, this reanalysis is used as a source of factual material about the average daily values of the cohesion and

thickness of the ice cover of various sections of the water areas of the mentioned straits. Data processing and identification of trends were carried out using traditional statistical methods.

As a result of the study, it was found that, in general, for the period from 1993 to 2018, there was a monotonous decrease in the probability of the appearance of an ice cover with characteristics exceeding the permissible limits for the ice class in both straits. Similar trends have been identified in most other Arctic waters, which confirms the realism and the possibility of further expansion of the navigation period on the Arctic routes.

However, starting from 2009-2012, the opposite trend was recorded in the summer months to increase the thickness and cohesion of the ice, which caused some deterioration in the conditions of navigation during this period. An explanation of the revealed phenomenon is proposed.

It is noted that despite the general improvement in the conditions of navigation in the Arctic, the fact of the appearance of opposite trends confirms the relevance of the further development of the icebreaker fleet.

**Keywords:** Northern Sea Route, Vilkitsky Strait, Sannikov Strait, cohesion, thickness, ice cover, navigation, ice class, trend, reanalysis

### **Введение (Introduction)**

Развитие устойчивого судоходства в Арктике является одним из приоритетов транспортной стратегии Российской Федерации. С этой целью предпринимается широкий комплекс мер, направленных, в первую очередь, на ввод в эксплуатацию нового ледокольного флота, стимулирование транзитного судоходства, развитие инфраструктуры арктических портов, усовершенствование навигационно-гидрографического обеспечения трасс Северного морского пути (СМП). Вместе с тем, сложная ледовая обстановка по-прежнему остается основным препятствием для обеспечения бесперебойного судоходства.

Вопросы оценки тенденций и перспектив арктического судоходства широко освещаются в научной периодике. Так, в свете происходящих климатических изменений, ряд авторов прогнозируют открытие для судоходства высокоширотных (в т.ч. трансполярных) маршрутов уже к середине XXI века [1–3]. В [3] отмечена существенная неопределенность подобных оценок из-за сложности полноценного учета всех климатических факторов.

Актуальное состояние трасс СМП постоянно отслеживается, обобщенные выводы регулярно публикуются [4]. Вместе с тем, выявление среднесрочных и долгосрочных тенденций изменчивости ледовой обстановки остается нетривиальной задачей, решение которой представляет значительный интерес не только для ученых-климатологов, но и специалистов в области гидрографии и безопасности судоходства.

Наибольшую значимость решение указанной задачи представляет для традиционно сложных с точки зрения навигационной и ледовой обстановки участков СМП, среди которых — проливы Вилькицкого и Санникова. Первый является самым высокоширотным участком СМП, а во втором, в силу его географических особенностей и близости к ледовым массивам, часто складываются особенно сложные ледовые условия [5].

При долго- и среднесрочном планировании рейсов судов по участкам СМП важно иметь информацию о тенденциях образования в них ледяного покрова с характеристиками, превышающими допустимые для ледового класса соответствующего судна. Указанная информация может быть использована для последующего получения законов распределения характеристик льда и далее — для оценки вероятности встречи судна со льдом неприемлемой толщины и/или сплоченности в тот или иной сезон на том или ином участке.

Наиболее полные данные о сплоченности и толщине ледяного покрова могут быть получены с помощью спутниковой радиометрии и дистанционного зондирования. При этом используются радиометры и лидары, установленные на специализированных искусственных спутниках Земли [6–8]. Указанные методы позволяют получать карты ледовой обстановки и оценивать краткосрочные тенденции ее развития. Вместе с тем, спутниковый мониторинг имеет ряд методических погрешностей, наиболее значительных в период таяния и образования льдов, а также вблизи берегов. Кроме того, траектории движения спутников не позволяют обеспечить непрерывный мониторинг какого-то определенного участка (дискретность измерений для отдельно взятой точки может достигать нескольких суток или недель — в зависимости от используемого спутника).

Единственным способом получения непрерывной информации о характеристиках ледяного покрова в каждой точке Арктики является математическое моделирование. К числу наиболее точных моделей относятся модели семейства NEMO, верифицированные по результатам спутникового мониторинга [9]. Для уменьшения погрешностей в них применен фильтр Калмана низкого порядка.

Результаты подобного моделирования для всех узлов координатной сетки с шагом 5 угловых минут, охватывающие период с 01.01.1993 г., представлены в реанализе GLORYS12.v1. Ранее для оценки тенденций возникновения опасных для судоходства льдов на определенных участках СМП они не применялись.

*Целью настоящей работы* является оценка современных тенденций изменения вероятностей возникновения ледяного покрова, представляющего опасность для судов определенных ледовых классов, на примере проливов Вилькицкого и Санникова.

Для достижения указанной цели рассмотрены следующие задачи:

1-я задача — проверка результатов реанализа GLORYS12.v1 для акваторий проливов Вилькицкого и Санникова;

2-я задача — оценка распределений вероятностей характеристик ледяного покрова для различных участков рассматриваемых проливов в различные месяцы;

3-я задача — выявление современных тенденций изменения вероятностей возникновения на некоторых участках акваторий рассматриваемых проливов ледяного покрова, сплоченность или толщина которого превосходят определенные уровни.

### **Методы и материалы (Methods and Materials)**

Методика исследования основана на использовании методов математической статистики. Для проверки адекватности результатов реанализа GLORYS12.v1 в качестве фактического материала использованы результаты измерений толщины и сплоченности льда, полученные на полярных станциях Пролив Санникова и Мыс Челюскин. Также использована информация о сплоченности и толщине ледяного покрова проливов Вилькицкого и Санникова из архива Всемирной метеорологической организации (ВМО) «Глобальный банк цифровых данных по морскому льду» (ГБЦДМЛ).

Проверка результатов реанализа GLORYS12.v1 выполнялась в два этапа. На первом осуществлялась интерполяция оценок сплоченности и толщины ледяного покрова акваторий изучаемых проливов, полученных из реанализа, в

пункты, где расположены станции Пролив Санникова ( $74^{\circ}42'$  с.ш.;  $138^{\circ}54'$  в.д.) и Мыс Челюскин ( $77^{\circ}43'$  с.ш.;  $104^{\circ}18'$  в.д.). Оценки характеристик ледяного покрова проливов из реанализа интерполированы также в пункты их акваторий, для которых фактические результаты дистанционных измерений представлены в архиве ГБЦДМЛ. При интерполяции использован кубический сплайн.

На втором этапе результаты интерполяции сопоставлялись с фактическими результатами наземных или спутниковых измерений сплоченности или толщины ледяного покрова в проливах. При таком сопоставлении оценивались значения относительных погрешностей результатов реанализа, а также определялась достоверность статистического вывода об их соответствии результатам фактических измерений. При оценке достоверности статистических выводов применен метод корреляционного анализа и критерий Стьюдента.

Для решения второй задачи, акватории каждого рассматриваемого пролива были разделены на 6 зон с шагом по широте 5 угловых минут. В проливе Санникова (ширина – 55 км) в каждую зону вошло 24 узла, а в проливе Вилькицкого (ширина 56 км) – 16. В каждой зоне рассматривались узлы сетки реанализа GLORYS12v.1, расположенные вдоль соответствующей параллели. Для каждой зоны построены гистограммы плотностей распределений вероятностей сплоченности и толщины ледяного покрова в том или ином месяце. При этом использованы данные из соответствующих временных рядов оценок среднесуточных значений этих показателей, полученные из реанализа для каждого месяца периода 1993–2018 гг.

Суммарное по всем узлам каждой зоны количество оценок, по которым строились гистограммы, составило: для пролива Санникова для февраля — 672, для прочих месяцев — 720 или 744; для пролива Вилькицкого для февраля — 448, а для прочих месяцев — 480 или 496. По каждой гистограмме оценены средние значения и дисперсии соответствующего показателя, а также вероятности превышения его значением некоторых уровней. Для сплоченности ледяного покрова рассмотрены уровни от 0.3 до 0.9 с шагом 0.1, а для его толщины – от 0.1 м до 3 м с шагом 0.1 м.

При решении третьей задачи рассматривались зависимости оценок каждого рассматриваемого показателя от времени, широты соответствующей зоны и месяца. Для каждого пролива по полученным временным рядам оценивались значения углового коэффициента их линейного тренда (УКЛТ). Последние рассматривались в качестве меры соответствующей тенденции. Значения УКЛТ оценивались за периоды времени, в течение которых преобладали изменения рассматриваемых показателей в некотором одном направлении.

При решении второй и третьей задач в качестве фактического материала использована информация о сплоченности и толщине ледяного покрова в акваториях проливов Вилькицкого и Санникова, полученная из реанализа GLORYS12v.1.

### **Результаты (Results)**

При решении первой задачи установлено, что относительные погрешности данных реанализа по сплоченности ледяного покрова пролива Санникова не превышают 10%, для пролива Вилькицкого — 14%. Относительные погрешности оценок толщины ледяного покрова для пролива Санникова не превышают 18%, а для пролива Вилькицкого — 22%. Для районов обоих проливов значения достоверности статистического вывода об адекватности результатов реанализа в летние и осенние месяцы составляют не менее 0.9, а в зимние и весенние месяцы — не менее 0.95. Полученные результаты подтвердили возможность использования реанализа GLORYS12v.1 для дальнейших исследований.

При решении второй задачи выявлено, что плотности распределения вероятностей рассматриваемых характеристик в некотором приближении подчиняются нормальному закону (что подтверждает применение критерия Пирсона). Установлено, что с сентября по апрель периода с 1993 по 2018 гг. во всех зонах пролива Санникова средние значения сплоченности и толщины ледяного покрова, равно как и их дисперсии, представляли собой убывающие функции. Снижение также зафиксировано и для вероятностей возникновения ледяного покрова определенной толщины и сплоченности.

В качестве примера, в таблице представлены оценки средних скоростей межгодовых изменений вероятностей возникновения ледяного покрова определенной сплоченности в июле в различных широтных зонах данного пролива.

Таблица 1 – Скорости межгодовых изменений вероятностей возникновения ледяного покрова определенной сплоченности в июле в 1993–2018 гг. в проливе Санникова

| Latitude<br>(°) | Ice concentration |         |         |         |         |         |         |
|-----------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                 | 0.3               | 0.4     | 0.5     | 0.6     | 0.7     | 0.8     | 0.9     |
| 76.66           | -0.0112           | -0.0101 | -0.0086 | -0.0073 | -0.0058 | -0.0049 | -0.0031 |
| 76.58           | -0.0124           | -0.0126 | -0.0125 | -0.0129 | -0.0115 | -0.0080 | -0.0020 |
| 76.49           | -0.0119           | -0.0118 | -0.0128 | -0.0145 | -0.0148 | -0.0092 | -0.0002 |
| 76.41           | -0.0124           | -0.0128 | -0.0135 | -0.0144 | -0.0152 | -0.0071 | -0.0003 |
| 76.33           | -0.0136           | -0.0138 | -0.0138 | -0.0139 | -0.0139 | -0.0069 | 0.0014  |
| 76.25           | -0.0124           | -0.0124 | -0.0123 | -0.0127 | -0.0116 | -0.0072 | 0.0021  |

В период с мая по август 1993–2018 гг. в северной части пролива Санникова также наблюдалось снижение значений рассматриваемых показателей. При этом в зоне, расположенной южнее параллели 74.5° с.ш., аналогичная тенденция зафиксирована лишь в период 1993–2011 гг. Начиная с 2011 г., толщина и сплоченность ледяного покрова в южной части пролива Санникова демонстрируют возрастающие тренды. В качестве примера, на рис. 1 показаны временные зависимости вероятностей появления в различных зонах данного пролива льдов сплоченностью более 0.6.

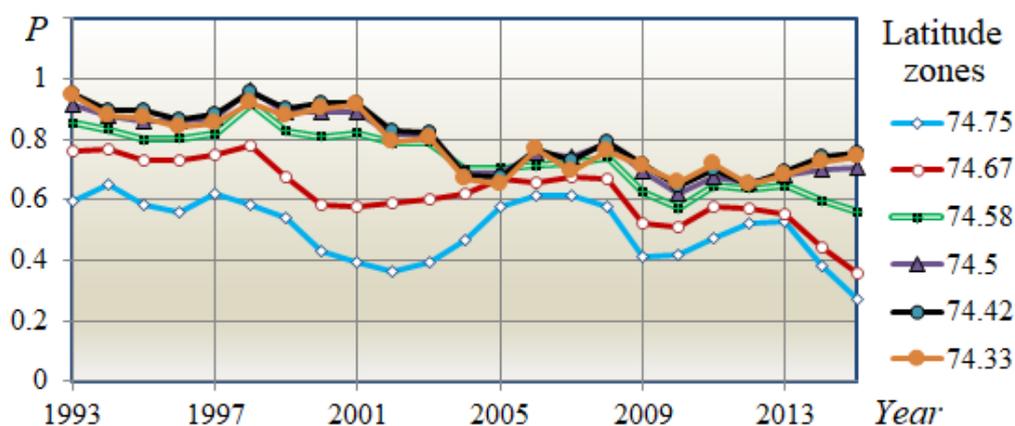


Рисунок 1 – Вероятности появления льдов сплоченностью более 0.6 в различных зонах пролива Санникова

Несколько иная ситуация наблюдалась в проливе Вилькицкого. В летние месяцы средние значения вероятностей появления ледяного покрова с характеристиками выше определенного уровня, а также значения их дисперсий, убывали лишь в период 1995–2008 гг. С 1993 по 1995 и с 2009 по 2018 гг. зафиксировано их возрастание. В качестве примера, на рис. 2 представлены сглаженные в скользящем окне длиной 4 года временные зависимости вероятностей появления дрейфующих льдов сплоченностью более 0.6 в июле в различных зонах пролива.

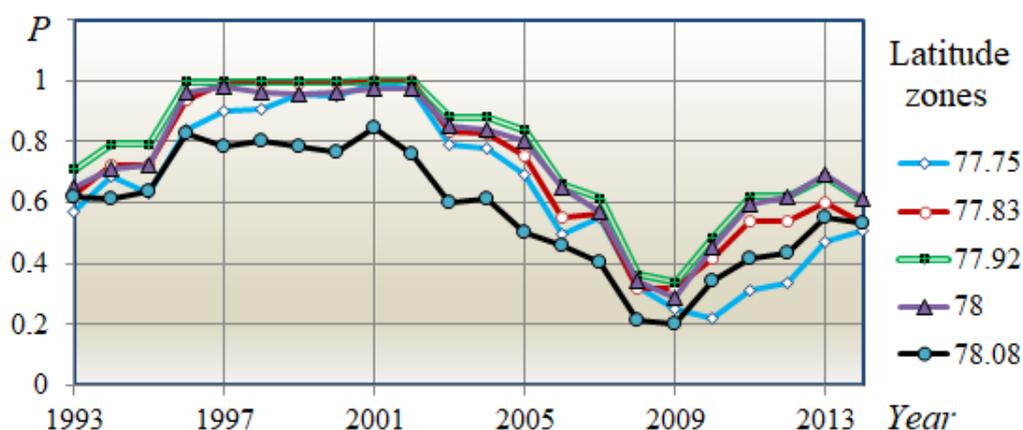


Рисунок 2 – Многолетние изменения средних вероятностей возникновения в южной части пролива Вилькицкого ледяного покрова сплоченностью более 0.6

### Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в целом за период с 1993 по 2018 гг. для любых (в том числе и летних) месяцев в обоих проливах происходило монотонное снижение вероятности появления ледяного покрова с характеристиками, превышающими допустимые ограничения по ледовому классу. Указанные тенденции соответствуют общепринятым представлениям о происходящих изменениях климата, в частности [10], и о последствиях происходящего в Арктике потепления ее климата.

Вместе с тем, современная тенденция, проявившаяся в изменениях рассматриваемых вероятностей для летних месяцев, противоречит указанным представлениям. Возрастающие тренды для толщины и сплоченности дрейфующих льдов в проливе Вилькицкого стали наблюдаться с 2009 г., а в проливе Санникова – с 2012 г. Данная аномалия прослеживается не только в результатах реанализа, основанного на математических моделях, но и в данных спутникового мониторинга, полученных принципиально иными методами.

Аналогичные исследования выполнены для всей акватории Северного Ледовитого океана и его морей (включая районы трасс СМП). Их результаты подтвердили, что в целом за период 1993–2018 гг. средние значения сплоченности и толщины ледяного покрова во все месяцы уменьшались. При этом практически повсеместно проявляется и выявленный эффект. Повышение сплоченности и толщины ледяного покрова начинает наблюдаться во многих районах Арктики, начиная от Полюса и до побережий морей с 2009–2012 года (объем арктических льдов при этом продолжает уменьшаться). Повышаются и вероятности встречи судов со льдами. Дополнительно возникающий лед на безопасность судоходства пока существенно не влияет. Однако, открытым остается вопрос, сохранится ли такая тенденция в будущем. Для ответа на него необходимо установить причину выявленного явления.

Одной из возможных причин может являться значительное увеличение расходов пресных вод, образующихся летом в Арктике в результате потепления ее климата, которое приводит к ускоренному таянию как морских льдов, так и ледников Гренландии. Указанное явление вызывает снижение солености поверхностных вод Арктики в районе круговорота Бофорта и других районах Арктического бассейна. Оно также уменьшает расход теплых и соленых Атлантических вод, проникающих в Арктику. Данные процессы могут способствовать как образованию, так и разрушению ледяного покрова Арктики и в принципе способны приводить к выявленным эффектам. Тем не менее, значимость подобного влияния пока не подтверждена и остается предметом дискуссий.

**Выводы (Conclusion).** Реанализ GLORYS12.v1, основанный на математической модели NEMO, представляется достаточно надежным источником непрерывных данных о характеристиках ледяного покрова арктических аквато-

рий. Его результаты могут быть использованы при средне- и долгосрочных оценках тенденций изменения ледовой обстановки и анализе потенциальных ледовых рисков для судов разных ледовых классов.

В последние три десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению сплоченности и толщины ледяного покрова Арктики, особенно явно проявляющаяся в осенние, зимние и весенние месяцы. Она подтверждает реалистичность и обоснованность планов по дальнейшему расширению временных рамок навигационного периода за счет смещения времени его завершения на зимние месяцы.

Выявленный в последнем десятилетии противоположный тренд на увеличение средней толщины и сплоченности льда наблюдается в большинстве регионов Арктики в летние месяцы. Несмотря на отсутствие текущих угроз для безопасности судоходства, он требует дальнейшего изучения и учета при планировании развития арктического транспортного комплекса. Отмеченный эффект является еще одним подтверждением актуальности дальнейшей модернизации и расширения ледокольного флота России.

#### Список литературы:

1. Aksenov Y. On the Future Navigability of Arctic Sea Routes: High-resolution Projections of the Arctic Ocean and Sea Ice / Y. Aksenov, E. E. Popova, A. Yool, A. G. Nurser, T. D. Williams, L. Bertino, J. Bergh // *Marine Policy*. — 2017. — Vol. 75. — Pp. 300–317. DOI: 10.1016/j.marpol.2015.12.027.
2. Smith L. C. New Trans-Arctic shipping routes navigable by midcentury / L. C. Smith, S. R. Stephenson // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 2013. — Vol. 110. — Is. 13. — Pp. E1191–E1195. DOI: 10.1073/pnas.1214212110.
3. Gascard J.-C. Future sea ice conditions and weather forecasts in the Arctic: Implications for Arctic shipping / J.-C. Gascard, K. Riemann-Campe, R. Gerdes, H. Schyberg, R. Randriamampianina, M. Karcher, J. Zhang, M. Rafizadeh // *Ambio*. — 2017. — Vol. 46. — Is. 3. — Pp. 355–367. DOI: 10.1007/s13280-017-0951-5.
4. Иванов Р. В. Характеристика ледовых условий работы гидрографических судов в Карском море / Р. В. Иванов, Д. А. Полубелов, А. А. Соболева // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2018. — Т. 10. — № 6. — С. 1211–1224. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1211-1224.
5. Шаронов А. Ю. Задачи гидрометеорологического обеспечения круглогодичной навигации в Восточно-Сибирском море / А. Ю. Шаронов, В. А. Шматков // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 170–182. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-170-182.
6. Teleti P.R. Sea Ice Observations in Polar Regions: Evolution of Technologies in Remote Sensing / P.R. Teleti P.R., A.J. Luis // *International Journal of Geosciences*. — 2013. — Vol. 4. — No. 7. — P. 1031–1050. DOI: 10.4236/ijg.2013.47097.

7. Ivanova N.O. Satellite passive microwave measurements of sea ice concentration: an optimal algorithm and challenges / N.O. Ivanova, L.T. Pedersen, R.T. Tonboe, S. Kern, G. Heygster, T. Lavergne, A. Sørensen, R. Saldo, G. Dybkjaer, L. Brucker, and M. Shokr // *The Cryosphere Discussions*. — 2015. — Vol. 9. — P. 1296–1313. DOI: 10.5194/tcd-9-1269-2015.
8. Schutz B. E. Overview of the ICESat Mission / B.E. Schutz, H.J. Zwally, C.A. Shuman; D. Hancock, J.P. DiMarzio // *Geophysical Research Letters*. — 2005. — Vol. 32. — DOI:10.1029/2005GL024009.
9. Vichi M. Coupling BFM with Ocean models: the NEMO model (Nucleus for the European Modelling of the Ocean) / M. Vichi, T. Lovato, E. Gutierrez Mlot, W. McKiver // *BFM report series*. — 2015. — No. 2. —Release 1. — 31 p.
10. Overland J.E. Future Arctic climate changes: Adaptation and mitigation times scales / J.E. Overland, M. Wang, J.E Walsh., J.C. Stroeve // *Earth's Future*. — 2013. — Vol. 2(2). — P. 68–74. DOI: 10.1002/2013EF000162.

## СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНОГО (ПОЛИНОМИАЛЬНОГО) АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ СУДОВОЖДЕНИЯ

**Аннотация:** В статье рассматривается задача синтеза нелинейного (полиномиального) алгоритма управления судном автоматизированной системой методом расширения фазовых координат нелинейной модели движения судна и приведения ее к линейной в расширенном фазовом пространстве.

**Ключевые слова:** нелинейные системы; модель движения морского судна; алгоритм управления морским судном.

**Abstract:** The article considers the problem of synthesizing a nonlinear (polynomial) algorithm for controlling a ship by an automated system by expanding the phase coordinates of a nonlinear model of a ship's motion and reducing it to a linear one in an extended phase space.

**Key words:** nonlinear systems; model of the movement of a sea vessel; ship control algorithm.

**Введение.** При синтезе алгоритмов автоматизированных систем управления динамическими объектами и, в частности, систем судовождения широко используется метод динамического программирования, который для линейных (линеаризованных) динамических объектов синтезирует линейные алгоритмы управления [1]. В экстремальных условиях судовождения (в узких проливах, при сильном течении, ветре, волнах) линейные алгоритмы управления могут не обеспечивать необходимую безопасность судовождения. Более оптимальными алгоритмами в таких условиях могут быть нелинейные алгоритмы управления.

В общем случае не существует конструктивного метода синтеза нелинейных алгоритмов управления. В данной работе рассматривается задача синтеза нелинейного (полиномиального) алгоритма управления системой методом расширения фазовых координат нелинейной модели и приведения ее к линейной в расширенном фазовом пространстве. Такие методы рассматривались применительно к задачам фильтрации случайных процессов в работах [2-5].

### **Постановка задачи синтеза.**

Управляемое движение судна в горизонтальной плоскости, в общем случае, определяется векторной системой нелинейных уравнений вида

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbf{f}(\mathbf{X}) + \mathbf{B}(\mathbf{X})\mathbf{U}(t) + \boldsymbol{\zeta}(t), \quad \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}_0, \quad )$$

где  $\mathbf{X}(t)$  – вектор фазовых координат, характеризующий движение судна;  $\mathbf{U}(t)$  – вектор управляющих воздействий (силы и моменты от рулевого устройства и продольной тяги);  $\boldsymbol{\zeta}(t)$  – векторный случайный процесс, определяемый случайными воздействиями волн, ветра, течением и другими факторами.

Вектор фазовых координат  $\mathbf{X}=(x,y,v_x,v_y,f,\omega)$ , где  $x, y$  – координаты судна в местной прямоугольной системе координат (МПСК),  $v_x, v_y$  – координаты вектора скорости судна в связанной системе координат (ССК),  $f$  – угол курса судна;  $\omega$  – угловая скорость вращения судна вокруг вертикальной оси. Нелинейная вектор функция  $\mathbf{f}(\mathbf{X})$  и матрица  $\mathbf{B}(\mathbf{X})$  коэффициентов вектора управляющих воздействий зависят от фазовых координат движения судна. Координаты скорости, линейные и угловое ускорения судна определяются дифференциальными уравнениями и выражениями вида [6]:

- уравнения движения по оси X

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= v_x \cos(f) - v_y \sin(f) + v_{xT}, \\ \frac{dv_x}{dt} &= v_y \omega + T_x n^2 - K_v v n - C_q v^2 + a_{xT}, \end{aligned}$$

(1)

- уравнения движения по оси Y

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= v_x \sin(f) + v_y \cos(f) + v_{yT}, \\ \frac{dv_y}{dt} &= -v_x \omega + (C_{yT}(\beta - \delta)v^2 + (C_Y(\beta) + (C_{y\beta\omega}|\beta|v - C_{y\omega\omega}|\omega|)\omega)) + a_{yT}, \end{aligned} \quad (2)$$

- уравнения вращения судна по оси Z

$$\begin{aligned} \frac{df}{dt} &= \omega, \\ \frac{d\omega}{dt} &= C_{m\tau}(\beta - \delta)v^2 + C_{m\beta}(\beta)v^2 + C_{m\omega}\omega v^2 + a_{\omega T}. \end{aligned}$$

(3)

В уравнениях (1-3) угол дрейфа  $\beta$  и функции  $C_y(\beta)$ ,  $C_{m\beta}(\beta)$  определяются выражениями

$$\begin{aligned}\beta &= -\arcsin(v_y/v), & C_y(\beta) &= -C_{y\beta}v_y(1-v_y^2/v^2)/v, \\ C_{m\beta}(\beta) &= -(2m_1v_x/v+m_2)v_y/v, & v &= (v_x^2+v_y^2)^{1/2}.\end{aligned}\quad (4)$$

Параметры  $T_x$ ,  $K_v$ ,  $C_q$ ,  $C_{yT}$ ,  $C_{y\beta\omega}$ ,  $C_{mT}$ ,  $C_{y\omega\omega}$ ,  $C_{m\omega}$  определяются характеристиками судна (массой, моментами инерции, размерами, площадями, мощностью двигателя и другими), плотностью воды [7]. Течение на фарватере определяется скоростями течения  $v_{xT}$ ,  $v_{yT}$  и ускорениями  $a_{xT}$ ,  $a_{yT}$ ,  $a_{\omega T}$ .

Вектором управляющих воздействий является вектор  $U = (n, \delta)$ , где  $n$  – частота вращения гребного винта (определяющая продольную тягу),  $\delta$  – угол перекладки руля (определяющий силы и моменты действующие на судно).

Задачей синтеза алгоритма управления судном автоматизированной системой является определения угла перекладки руля  $\delta^*(X(t))$  (при постоянной частоте вращения гребного винта) по критерию минимума интегрально квадратической величины риска  $Ry = \int_{t_0}^T (q\delta^2(\tau) + (X(\tau) - X_0(\tau))^T Q (X(\tau) - X_0(\tau))) d\tau$  - безопасного прохода узкого пролива [8].

### **Линейная модель движения судна в расширенном фазовом пространстве**

Будем считать, что в любой момент времени известны параметры движения  $x(t)$ ,  $v_x(t)$  судна по оси  $X$ . Управляемое движение судна определяется уравнениями (2-3) и выражениями (4). Определим опорное управление  $\delta_0$  и опорную траекторию  $X_0 = (x_0, y_0, v_{x0}, v_{y0}, f_0, \omega_0)$  движения судна по линии фарватера при отсутствии течения и волн. Для модели управляемого движения относительно опорного введем вектор расширенных фазовых координат  $Z^{(3)} = [P_y^{\alpha_y} v_y^{\alpha_v} f^{\alpha_f} \omega^{\alpha_\omega}]^T$ , ( $1 \leq \alpha_y + \alpha_v + \alpha_f + \alpha_\omega \leq 3$ ).

Кронекеровский вектор третьего порядка. Выражения (4) разложим в ряд Тейлора по координате  $v_y$  до 3-й степени и представим в виде

$$\begin{aligned}\beta &= -v_y/v_x(t) + v_y^3/(3v_x(t)^3), & C_y(\beta) &= -C_{y\beta}(v_y/v_x(t) - 3v_y^3/2v_x(t)^3), \\ C_{m\beta}(\beta) &= -(2m_1+m_2)v_y/v_x(t) + 2(m_1+m_2)v_y^3/v_x(t)^3.\end{aligned}\quad (5)$$

Уравнения (2-3) управляемые величиной  $\delta = \delta_0 + \Delta\delta$  в расширенном фазовом пространстве приближенно запишутся в виде

$$\frac{dz_1}{dt} = a_{12}z_2 + a_{13}z_3 + a_{18}z_8 + a_{19}z_9 + a_{113}z_{13} + a_{114}z_{14} + \dot{y}(t) + v_{yT}(t),$$

$$\frac{dz_2}{dt} = a_{22}z_2 + a_{24}z_4 + a_{26}z_6 + a_{27}z_7 + a_{212}z_{12} + a_{yT} + (b_{20} + b_{25}v_{y0}^2(t))\Delta\delta,$$

$$\frac{dz_3}{dt} = z_4,$$

$$\frac{dz_4}{dt} = a_{42}z_2 + a_{44}z_4 + a_{45}z_5 + a_{411}z_{11} + a_{412}z_{12} + a_{\omega T} + (b_{40} + b_{45}v_{y0}^2(t))\Delta\delta.$$

(6)

Для расширенных фазовых координат  $z_5, z_6, \dots, z_n$  также можно определить систему дифференциальных уравнений аналогичных (6).

В общем случае модель движения судна в расширенном фазовом пространстве запишется в виде

$$\frac{d\mathbf{Z}^{(3)}}{dt} = \mathbf{A}(t)\mathbf{Z}^{(3)} + \mathbf{B}(t)\Delta\delta.$$

(7)

Методом динамического программирования [1] можно найти оптимальное управление системой (7)

$$\Delta\delta^*(t) = -q^{-1}\mathbf{B}^T(t)\mathbf{R}(t)\mathbf{Z}^{(3)}(t),$$

(8)

где матрица  $\mathbf{R}(t)$  определяется уравнением

$$\frac{d\mathbf{R}}{dt} = -\mathbf{A}^T(t)\mathbf{R} - \mathbf{R}\mathbf{A}(t) + q^{-1}\mathbf{R}\mathbf{B}(t)\mathbf{B}^T(t)\mathbf{R} + \mathbf{E}^T\mathbf{Q}\mathbf{E}, \quad \mathbf{R}(T) = \mathbf{0}.$$

(9)

### Список литературы:

1. Корреляционная теория фильтрации и управления многомерными случайными процессами. Книга монография. М., КРАСАНД, 2012 г.
2. Метод приближенного решения задач нелинейной фильтрации (полиномиальная фильтрация). Техническая кибернетика, № 5 1975 г.
3. Метод полиномиальной фильтрации случайных процессов с дискретным временем. Техническая кибернетика, № 4 1978г

4. Приближенное решение задачи нелинейной рекуррентной фильтрации процессов с дискретным временем по расширенному фильтруемому и наблюдаемому процессу. Техническая кибернетика, №2, 1989 г.
5. Полиномиальная фильтрация нелинейных процессов с дискретным временем. Радиотехника и электроника, том 41, №3, 1996 г
6. Синтез алгоритма управления судном в заданной акватории на основе комплексного критерия риска. Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ» Н. Новгород, Выпуск 59, 2019 г
7. Синтез алгоритма управления судном при проходе проливов в различных погодных условиях. Вестник КГМУ, Выпуск 3, 2019 г.

Тищенко М.С.<sup>1</sup>, Святский В.В.<sup>2</sup>, Ивановский Н. В.<sup>3</sup>

1 – ассистент кафедры Судовождения и промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «КГМТУ»

2 – преподаватель кафедры Судовождения и промышленного рыболовства  
ФГБОУ ВО «КГМТУ»

3 – канд. техн. наук, доцент, декан Морского факультета ФГБОУ ВО «КГМТУ»

## ОЦЕНКА РИСКА РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ, ЗАНЯТЫХ ЛОВОМ РЫБЫ ТРАЛОМ

**Аннотация:** В работе произведен сравнительный анализ, существующих моделей зон навигационных безопасностей. Предложено в качестве базовой модели для всех видов морских операций, в том числе для лова рыбы тралом использовать секторную модель зоны навигационной безопасности. Параметры секторной модели зоны навигационной безопасности, предлагается оцениваться на основе статистической информации для каждого района плавания, для этого рекомендуется использовать данные о движении судов со специализированных электронных ресурсов баз АИС.

**Ключевые слова:** зона навигационной безопасности, оценка риска при проведении морских операций, траловый лов рыбы.

**Abstract:** The paper presents a comparative analysis of existing models of navigation safety zones. It is proposed to use the sector model of the navigation safety zone as a basic model for all types of marine operations, including trawl fishing. The parameters of the sector model of the navigation safety zone are proposed to be evaluated on the basis of statistical information for each navigation area, for this it is recommended to use data on the movement of ships from specialized electronic resources of AIS databases.

**Keywords:** navigation safety zone, risk assessment during marine operations, trawl fishing.

Основными критериями планирования и управления движением морского судна являются безопасность и экономическая целесообразность. Эти два критерия напрямую связаны с таким понятием как зона навигационной безопасности (ЗНБ). Под зоной навигационной безопасности понимают геометрическое место точек, расположенных на безопасном расстоянии от судна до навигационных опасностей. Ключевым понятием в определении ЗНБ является – «безопасное расстояние». Практически все правила МППСС-72 напрямую или косвенно связаны с определением и учетом безопасного расстояния до навигационной опасности. В существующей теории и практике судовождения отсутствуют строго формализованные методы в определении ЗНБ. Следует также отметить, что для судов, выполняющих буксировку объектов, в частности занятых траловым ловом рыбы, нет общепринятых подходов в определении ЗНБ. В частности, в МППСС-72 предлагается при принятии решений по выбору пара-

метров маневра полагаться на «хорошую морскую практику». Очевидно, что ни один вахтенный помощник не может в полной мере обладать такой практикой, т.к., даже имея большой стаж несения вахты и принятия решений по расхождению с «опасными» целями, учесть все обстоятельства невозможно. Следует не забывать, что специфика на мировом торговом и рыбопромысловом флоте такова, что на начало нового контракта приходится осваивать новое судно и новый район плавания. «Почувствовать» маневренные и инерционные характеристики судна, на это уйдет много времени даже для опытного штурмана. Поэтому решение задачи формализации ЗНБ является актуальной и имеет высокую практическую значимость для обеспечения безопасности судоходства.

Началом процесса исследований по формализации ЗНБ можно считать работы японского ученого Фуджи с коллегами [1] в начале 60 гг. XX века. Далее в 1975 г. её развивали британские ученые Е.М. Гудвин [2] и Т.Г. Колдвел [3]. Среди отечественных исследователей следует отметить работы А.С. Васькова [4].

На сегодняшний день имеются три основных модели ЗНБ: круговые, эллиптические, секторные.

Круговые ЗНБ (рис.1) представляют собой центрированное пространство вокруг судна в виде постоянного радиуса окружности  $R_B$ .

$$R_B = TV_C \quad (1)$$

где  $T$  – время, необходимое для принятия решения и совершения маневра;  
 $V_C$  – скорость судна.

Данный тип ЗНБ активно используется на флоте, но сферой применения данной модели является открытая акватория, т.к. в стесненных водах и при большой интенсивности судопотока она является не оптимальной и не всегда реализуемой.

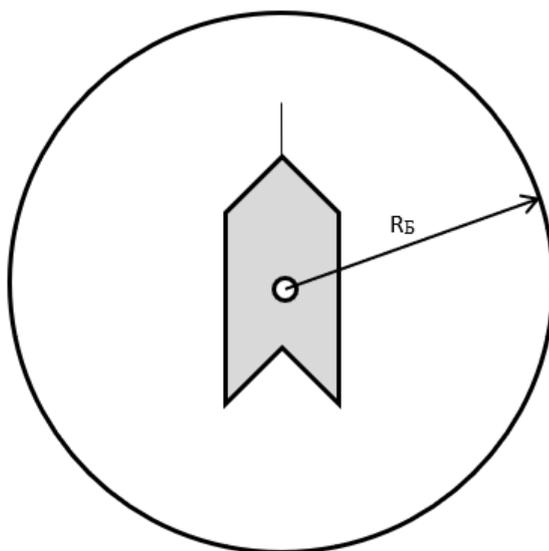


Рисунок 1 – Круговая модель ЗНБ

Для более рационального, по сравнению с круговой ЗНБ, распределения безопасного пространства вокруг судна в работе [1] была предложена эллиптическая модель ЗНБ (рис.2). В отличие от модели ЗНБ в виде окружности, в данной модели учитывается то обстоятельство, что зона простирается больше в направлении вектора движения судна, чем по его бортам. Алгоритмы расчета параметров этой модели для разных условий плавания приведены в работах [5-9].

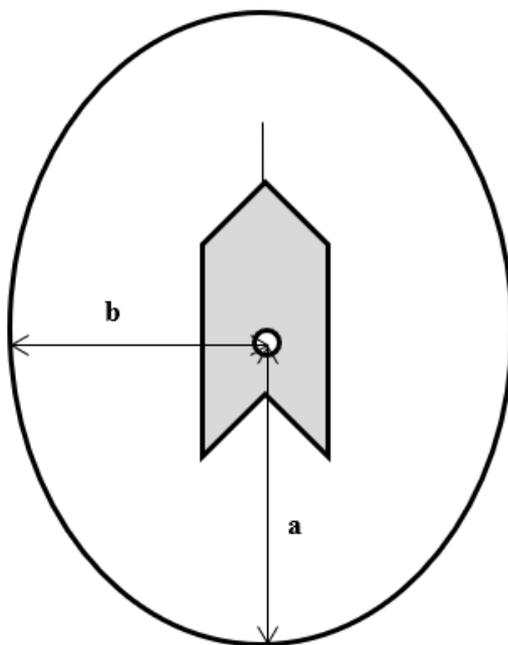


Рисунок 2 – Эллиптическая модель ЗНБ

Вариацией эллиптической модели ЗНБ является модель Колдвелла (рис. 3). Данная модель справедлива для ситуации, в которой два судна идут навстречу друг другу. Параметры ЗНБ в данной модели рассчитываются по следующим формулам [3]:

$$a = 6,1L;$$

$$b = 1,75L;$$

$$c = 3,25L,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – параметры ЗНБ;  $L$  – длина судна.

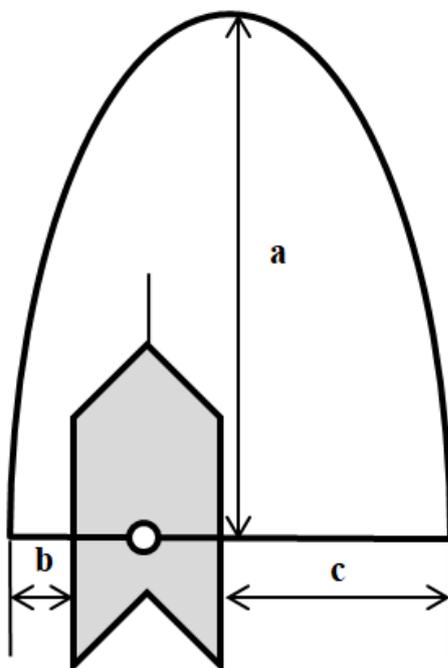


Рисунок 3 – Модель ЗНБ Колдвелла

Наиболее универсальной и соответствующей правилам МППСС-72, а также учитывающей специфику большинства морских операций, является секторная модель ЗНБ (рис.4).

Правый сектор будет всегда равен или больше левого, из-за требований правил МППСС – 72, в соответствии с которыми желательно расходиться со встречными судами левыми бортами.

При расхождении левыми бортами, вахтенный помощник чувствует себя уверенней, так как даже при столкновении его ответственность будет меньшей в связи с тем, что он следовал рекомендациям правил МППСС-72. При расхож-

дении правыми бортами вахтенный помощник будет находиться в зоне риска, так как не учитывает рекомендации МППСС-72, и ситуация для него будет неопределенной и зависеть от поведения другого судна. В этом случае он будет пытаться пройти от другого судна на большем расстоянии, чем он делал бы это при расхождении левыми бортами.

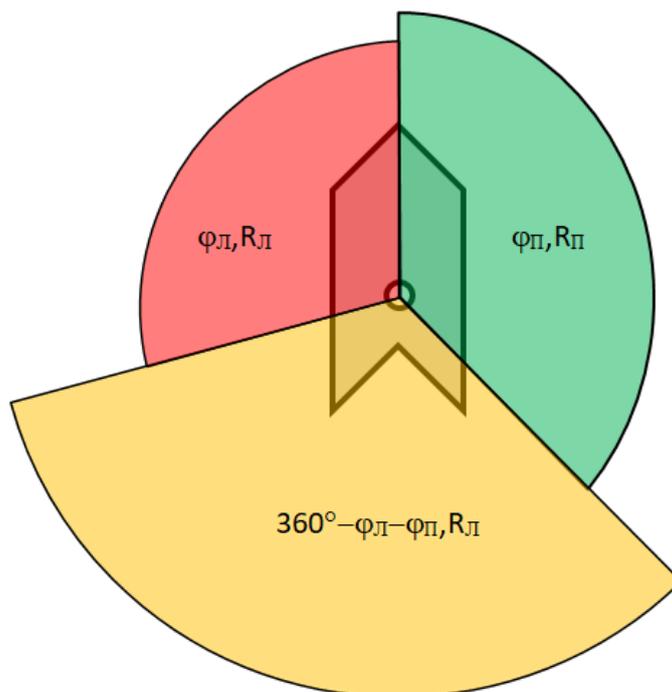


Рисунок 4 – Секторная модель ЗНБ

Для судов, не занятых буксировкой объектов, кормовой сектор будет меньше чем левый и правый. Это объясняется правилами МППСС-72. В работе [10] приведены параметры секторов в зависимости от районов плавания судов не занятых буксировкой объектов в морских милях (табл.1). Результаты были получены на основе обработки статистических данных трафика в конкретном районе морской акватории.

Таблица 1 - Параметры секторов в зависимости от районов плавания судов не занятых буксировкой объектов

| Район плавания  | Правый сектор, миль | Левый сектор, миль | Кормовой сектор, миль |
|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------------|
| Открытое море   | 0,8                 | 0,8                | 0,1                   |
| Дуврский пролив | 2,4                 | 2,4                | 0,9                   |

Для судов, занятых буксировкой объектов, необходимо рассматривать систему «судно – буксируемый объект». К примеру, при траловом лове рыбы необходимо учитывать время после выполнения циркуляции. Как известно, трал будет двигаться по трактрисе. В этом случае параметры кормового сектора ЗНБ будут динамическими.

**Выводы.** На сегодняшний день все конвенционные суда оснащены системами АИС и, как следствие, мы имеем возможность дополнить блок динамической информации АИС параметрами ЗНБ. Таким образом, на экране ЭКНИС, РЛС-САРП судоводитель будет видеть ЗНБ всех опасных целей, что существенно снизит риски при расхождении. Очевидно, что параметры секторной модели ЗНБ, должны оцениваться на основе статистической информации для каждого района плавания, для этого рекомендуется использовать данные о движении судов с электронного ресурса [11].

### Список литературы:

1. Fujii, Y. [et al.] Effective areas of ships [Text]/ Journal of Nautical Society of Japan. – 1966. – № 35. – P. 71 – 86.
2. Goodwin, E.M. A statistical study of ship domains [Text]/ Journal of Navigation. – 1975. – V. 28. – P. 328 – 341.
3. Coldwell, T.G. Marine traffic behaviour in restricted waters [Text]/ Journal of Navigation, 1983.-Т.36(3). – P. 430 – 444.
4. Васьков, А.С. Методологические основы управления движением судна и конфигурацией зоны навигационной безопасности [Текст]: автореф. дисс. На соиск. уч. ст. д.т.н. (05.22.16). – СПб.: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 1998. – 48 с.
5. Погосов, С.Г. Обеспечение безопасности движения судов в портовых водах [Текст]/ С.Г. Погосов, Е.В. Борисов, В.П. Королева // Мор. транспорт: Обзор-ная информация Сер. Судовождение и связь ЦБНТИ ММФ. – 1974. – 41 с.
6. He, Y. The Research of Ship ACA Actions at Different Stages on Head-On Situation Based on CRI and COLREGS [Text]/ Journal of Coastal Research, 73 (sp1). – 2011. – P. 735 – 740.
7. Kijima K. Automatic Collision Avoidance System using the Concept of Blocking Area [Text]/ K.Kijima, Y.Furukawa// Proceeding of IFAC conference on Manoeuvring and Control of Marine Craft. – Girona, Spain, 2003.
8. Wang, N. An Intelligent Spatial Collision Risk Based on the Quaternion Ship Domain [Text]/ The Journal of Navigation, 63. – 2010. – P. 733 – 749.
9. Васьков В.А., Мироненко А.А. Технологии множественного анализа формирования навигационной обстановки и маршрута судна // Изв. вузов. Сев.-Кавказ. регион. Техн. науки. – 2008. – Спец. вып.
10. Zhao J., Wu Z., Wang F. Comments of ship domains // The Journal of Navigation. – 1993. – № 46. – P. 422 – 436.
11. MarineTraffic. <<http://www.marinetraffic.com>>.