

Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет»
(ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»)

На правах рукописи



ВАЛЬКОВ ВЛАДИМИР ЕВГЕНЬЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАЛОВОГО ПРОМЫСЛА
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ (ИВАСИ)**

05.18.17 Промышленное рыболовство

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук,
доцент Бойцов А.Н.

Владивосток 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫСЛА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ (ИВАСИ)	12
1.1 Общая биологическая характеристика дальневосточной сардины (иваси)	12
1.2 Динамика численности и распределение дальневосточной сардины (иваси)	14
1.3 Характер скоплений и анализ суточных миграций дальневосточной сардины (иваси)	23
1.4 Суточное вертикальное распределение и миграции дальневосточной сардины (иваси)	25
1.5 Организация промысла дальневосточной сардины (иваси) на современном этапе	29
1.6 Выводы по главе 1	33
ГЛАВА 2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАЛОВОГО ЛОВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ (ИВАСИ) И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЛОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ	35
2.1 Технологии лова дальневосточной сардины (иваси) на современном этапе возобновления промысла	35
2.2 Обоснование размеров входного устья разноглубинного трала для промысла дальневосточной сардины (иваси) с крупнотоннажных добывающих судов	40
2.3 Гидродинамические распорные устройства для обеспечения проектных характеристик раскрытия тралов	45
2.4 Эскизные варианты гидродинамических устройств и их размещения на тралах	53

2.5	Методы расчета эскизных вариантов гидродинамических устройств	57
2.6	Численное моделирование гидродинамических устройств, выбор оптимальных вариантов	60
2.7	Выводы по главе 2	69
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАЛОВЫХ СИСТЕМ С ГРУ ДЛЯ ПРОМЫСЛА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ (ИВАСИ)		
3.1	Разработка методики управления траловой системы с ГРУ.....	71
3.2	Методы расчета процесса постановки и выборки трала с минимальным применением ручного труда при процессах постановки и выборки трала на существующих судах	78
3.3	Разработка автоматической промысловой схемы тралового лова с ГРУ	84
3.4	Снижение повреждаемости улова при траловом промысле	89
3.5	Взаимодействие рыболовной системы с промысловым объектом .	99
3.6	Комплексная оценка эффективности предлагаемой технологии промысла	102
3.7	Выводы по главе 3	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		112
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ		115
Приложение А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ		128
Приложение Б. Характеристики сопротивления траловой системы с ГРУ и их влияние на экономию топлива.		129
Приложение В. Акт о внедрении результатов диссертационного исследования в учебный процесс.		132
Приложение Г. Акт внедрения результатов исследования		134
Приложение Д. Акт внедрения результатов исследования		135

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования обусловлена развитием тралового промысла дальневосточной сардины (иваси) и связанных с этим решением задач эффективного управления промыслом, обеспечения дифференцированного траления косяков рыб и их чередуемостью с другими промысловыми объектами, которые при попадании в уловы повреждают сардину (иваси), а также выводом траловых систем на поверхность и обеспечения порционности выловов с учетом быстрой обработки уловов.

На предыдущем этапе в течение 16-ти лет, с 1976 по 1992 гг., дальневосточная сардина была объектом отечественного специализированного кошелькового промысла и в значительной степени определяла экономику рыбной отрасли Дальнего Востока и СССР в целом, и соответственно проблемы тралового промысла не решались. На настоящем этапе флот имеет другую структуру с большим количеством траулеров, а суда, которые могли бы вести кошельковый лов, переоборудованы и ведут специализированный ярусный и ловушечный промысел. При этом обновление флота в настоящее время ведется в соответствие с его текущей структурой.

Вновь наметившаяся, начиная с 2010 г., тенденция ежегодной положительной динамики численности дальневосточной сардины (иваси), позволяет спрогнозировать увеличение ее объемов до уровня в 3,46 млн. т., при доли нерестового запаса 1315 тыс. т., что создает потенциальный базис и реальную перспективную возможность использования данного вида промыслового ресурса в промышленных масштабах именно с использованием современных траловых систем.

Степень разработанности темы исследования. Вопросами совершенствования современных траловых систем занимались М.М. Розенштейн, В.И. Габрюк, А.Н. Бойцов, Л.В. Журавлев, А.И. Шевченко, а также ряд компаний Фишинг Сервис (Россия), Хампиджан (Исландия). В основном эти исследова-

ния были направлены на совершенствование непосредственно тралов, траловых досок и их настройки. Однако, практика показывает, что используемые на промысле траловые доски в процессе работы траловой системы принимают в каждый момент времени только такую ориентацию в пространстве, при которой обеспечивается их равновесие под действием всех сил, действующих на них как со стороны окружающей среды, так и траловой системы. Траловые доски по своим конструктивным и функциональным особенностям в траловой системе не позволяют во многих случаях, эффективно выводить траловые системы для облова поверхностных скоплений, а также прицельно облавливать косяки дальневосточной сардины (иваси), чередующиеся на очень близком расстоянии (до 200 м) с косяками скумбрии или других видов рыб. Поэтому решение задачи управления раскрытием и закрытием траловой системы с учетом природных факторов возможно при использовании вместо траловых досок гибких распорных устройств. Исследованием гибких распорных устройств занимались М.М. Розенштейн, В.И. Габрюк, А.Н. Бойцов, А.И. Шевченко, В.А. Татарников, О.А. Висягин, В.В. Кудакаев. Работы А.Н. Бойцова и О.А. Висягина носили экспериментальный и практический характер, в ходе которых были получены решения по гибким распорным устройствам, однако методы расчета для масштабирования на разные траловые системы были по разным объективным причинам не разработаны.

Однако, несмотря на глубокую проработку научных проблем организации эффективного промысла, множество задач, касающихся применения тралового лова, в условиях возобновления промышленной добычи дальневосточной сардины (иваси), остаются нерешенными.

Цель и задачи работы. Цель выполненных исследований заключается в совершенствовании технологии тралового промысла дальневосточной сардины (иваси) с учетом повышения эффективности работы траловых систем и использования потенциальных возможностей действующих добывающих

мощностей и перспективных направлений развития техники и технологий промышленного рыболовства. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести исследование современного состояния и перспектив долгосрочного развития промысла дальневосточной сардины (иваси) в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне;

- провести анализ и обосновать использование современных траловых систем с заданными параметрами входного устья трала;

- проанализировать существующие конструкции гибких распорных устройств и обосновать их конструктивные изменения с учетом задаваемых параметров входного устья;

- обосновать и разработать методику расчета усовершенствованной оснастки распорного компонента траловой системы;

- обосновать и разработать методику управления траловой системой с гибкими распорными устройствами и усовершенствованной оснасткой на основе дифференцированного подхода к облавливанию смешанных поверхностных промысловых скоплений.

Научная новизна исследования:

- 1) Научно обоснованы и разработаны методика расчета усовершенствованных гибких распорных устройств и оснастка распорного компонента траловой системы пакетной компоновки.

- 2) Научно обоснована и разработана методика управления траловой системой с гибкими распорными устройствами на основе дифференцированного подхода к облавливанию совместных промысловых скоплений в процессе осуществления прицельных тралений на промысле дальневосточной сардины (иваси).

Теоретическая значимость работы. Обоснованное использование на промысле дальневосточной сардины (иваси) гибких распорных устройств, разработанные методика расчета усовершенствованных гибких распорных

устройств, оснастка распорного компонента траловой системы пакетной компоновки и методика управления траловой системой с гибкими распорными устройствами являются научной основой формирования комплексного подхода к решению задач повышения эффективности данного промысла в современных условиях его динамического развития на основе совершенствования технологии тралового лова посредством обеспечения порционности и предотвращения сминаемости улова, формируемого совместными промысловыми скоплениями дальневосточной сардины (иваси) и скумбрии, для дальнейшего осуществления его обработки на рыбодобывающем судне в условиях промысла.

Практическая значимость работы. Разработанный практико-ориентированный комплекс, включающий методики расчета и управления траловой системой с гибким распорным устройством, компьютерную программу «Расчет характеристик горизонтальных гибких распорных устройств траловой системы» позволяет с незначительным усилием осуществлять «вывод» трала в верхние слои воды и сохранять его в заданном пространственном положении при осуществлении поверхностных тралений в условиях реального промысла и может быть использован при обеспечении проектных характеристик раскрытия тралов, позволяющих рассчитывать ГРУ для вновь создаваемого трала с непосредственным учётом тягово-скоростных и мощностных характеристик рыболовных судов.

Методы исследования, применяемые в диссертации, включают методы математического моделирования и оптимизации производственных процессов при обосновании технологии управления траловой системой с гибкими распорными устройствами; методы системного анализа и математической обработки результатов экспериментов.

Положения, выносимые на защиту. Разработка методов повышения эффективности тралового лова дальневосточной сардины (иваси) и совершен-

ствование траловых систем с гибкими распорными устройствами, а также методики управления траловыми системами с гибкими распорными устройствами (ГРУ).

- адаптация методики расчета оптимального параметра входного устья трала для облова поверхностно распределённых косяков дальневосточной сардины (иваси);

- усовершенствование методики расчета гибких распорных устройств для современных тралов используемых на промысле;

- методика расчета прочностных характеристик элементов гибких распорных устройств;

- методика управления траловыми системами с гибкими распорными устройствами с целью обеспечения дифференцированного облова косяков дальневосточной сардины (иваси).

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и обоснованность выводов и результатов исследования обеспечивается большим объемом аналитических исследований данных промысловой статистики, результатов фактической производственной деятельности рыбопромыслового флота на промысле дальневосточной сардины (иваси), непротиворечивостью и корректностью избранных теоретических основ исследования, всесторонним анализом объекта исследования, обоснованным выбором методов исследования, адекватных поставленной цели и этапам исследования, корректным использованием математического инструментария.

Основные теоретические и практические положения диссертационного исследования были представлены и обсуждены на международных и национальных конференциях: IV Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли» (Владивосток, 2018); II Национальной научно-технической конференции «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации» (Владивосток, 2018); Национальной научно-технической конференции

«Научно-практические вопросы регулирования рыболовства» (Владивосток, 2019); X Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их состояние, охрана, промысловое и техническое использование» (Петропавловск – Камчатский, 2019); V Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли» (Владивосток, 2019); VI Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана» (Владивосток, 2020); IV Национальной научно-технической конференции «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации» (Владивосток, 2020); Международной научно-практической конференции «Водные биоресурсы: рациональное освоение и искусственное воспроизводство» (Владивосток, 2021); V Национальной научно-технической конференции «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации» (Владивосток, 2021).

Результаты исследований внедрены в образовательный процесс ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» по направлениям подготовки уровней бакалавриата и магистратуры 35.03.09 и 35.04.08 «Промышленное рыболовство» в курсах дисциплин, изучающих механику, устройство и эксплуатацию орудий рыболовства. Исследования, посвященные совершенствованию организации промысла дальневосточной сардины (иваси) в 2019 г. и разработке экологически безопасных технологий добычи водных биологических ресурсов в 2021 г. были проведены автором в составе научного коллектива в рамках госбюджетных научно-исследовательских работ кафедры промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз». Оригинальность и адекватность разработанной программы для ЭВМ, предназначенной для расчета проектных характеристик гибких горизонтальных распорных устройств траловой системы, подтверждена соответствующим свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности от

06.12.2019 г. № 2019666311. Апробация, определение возможности и практической целесообразности внедрения и использования на отраслевых предприятиях ООО «Пасифик Марин Тролерз» и ООО «Приморрыбснасть» научно-обоснованных разработок в производственный процесс изготовления элементов траловых систем, а также организации работы добывающих судов подтверждена соответствующими актами.

Личный вклад автора. В основу диссертации положены результаты научных исследований, выполненных автором в период 2017 – 2021 гг. на кафедре промышленного рыболовства Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета. Автор принимал личное участие в получении всех представленных результатов, разработке методики расчета прочностных характеристик элементов гибких распорных устройств; разработке методики управления тралом. Личным вкладом автора является: обоснование структуры диссертации и автореферата, написание их текста; проведение анализа существующих технологий тралового лова; проведение анализа конструкций и гидродинамических свойств, ранее предлагаемых гибких распорных устройств; подготовку к публикации научных результатов диссертационного исследования в статьях, тезисах, материалах конференций и др. печатных изданиях; представление научных результатов диссертационного исследования на конференциях различного уровня.

Вклад соавторов представлен в тексте диссертации и заключается в совместной разработке математических моделей, программного инструмента для расчета проектных характеристик гибких горизонтальных распорных устройств траловой системы, проведении объектно-ориентированных дополнительных аналитических исследований.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования изложены в 18 работах (в 17 публикациях и 1 объекте интеллектуальной собственности), включающих 4 статьи опубликованных в изданиях из перечня Российских рецензируемых научных журналов ВАК Минобрнауки России (в

т.ч. 3 - в соавторстве), 2 статьи в изданиях, проиндексированных в международной реферативной базе данных Web of Science (в соавторстве), 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ (в соавторстве), 11 статей в материалах конференций (в т.ч. – 10 в соавторстве).

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 53 рисунка, 5 таблиц, 5 приложений. Список использованной литературы составляет 114 наименований, из которых 20 принадлежит иностранным авторам.

ГЛАВА 1 ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫСЛА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ (ИВАСИ)

1.1 Общая биологическая характеристика дальневосточной сардины (иваси)

Дальневосточная сардина (или иваси), *Sardinops melanostictus* - морская рыба рода сардинопсы (лат. *Sardinops*). Дальневосточная сардина (иваси) – рыба с коротким жизненным циклом. Дальневосточная сардина имеет удлинённое, сжатое с боков тело. В плавниках имеются мягкие лучи: в спинном 17 – 21, в анальном 17-22, а хвостовой плавник имеет вильчатую форму с задней черной частью. Тело рыбы имеет цвет серебристо-белый с зеленоватой спиной и рядом темными пятен по длине тела.

Максимальная продолжительность жизни дальневосточной сардины (иваси) - 7-8 лет, но промысловую основу составляют 2-х – 5-ти летние особи сардины с длиной тела около 270 мм и массой 140 гр. Возраста массового полового созревания особи достигают в поколение 3+ лет при длине 180-210 мм и массе 120-132 грамм.

Дальневосточная сардина (иваси) обитает в пелагиале в прибрежных и открытых водах при температуре от 8-9 °С до 19-20 °С в приповерхностных водах, питаясь как зоопланктоном (калянусом, копеподами), так и фитопланктоном. Особенностью распространения дальневосточной сардины является обитание этого вида в субтропических и субарктических водах, а также в зоне их смешения. В субтропических водах происходит нерест, развитие икры и нагул личинок, а в смешанных – нагул молоди [37]. В более холодных субарктических водах происходит нагул сеголеток, созревающей и половозрелой рыбы, т.е. формируются промысловый и нерестовый запасы.

Дальневосточная сардина (иваси) образует крупные скопления, причем в разное время суток ее поведение меняется. Так, в дневное время дальневосточная сардина (иваси) концентрируется в скопления по типу «косяк» или «косячится», а в ночное время, наоборот, рассредоточивается в толще воды. По данным ВНИРО (ТИНРО – центра), проводивших исследования дальневосточной сардины (иваси) в 70-80-е годы прошлого столетия, дальневосточная (сардины) имеет два морфотипа: медленная (тугорослая) и быстрорастущая сардина. Первый морфотип имеет положительную реакцию на свет, поэтому в ночное время хорошо концентрируется с помощью света. Это создает благоприятную возможность для осуществления эффективной промысловой деятельности [14].

Отмеченное народами, населяющими тихоокеанское побережье и побережье Японского моря, точное название дальневосточной сардины «дитя Куро-сио», отражает имеющуюся зависимость этой рыбы от характера течений Куро-сио. Именно это и определяет периодические колебания численности дальневосточной сардины.

Различным вопросам динамики и другим сторонам биологии сардины иваси посвящено множество публикаций. При их рассмотрении с учетом особенностей разных периодов изучения и противоречивости представлений о лимитирующих численность сардины факторах в т.ч. влияющих на формирование урожайности поколений иваси, имеются во многих обзорах, в том числе российских (Башкиров 1932; Кагановский 1945; Новиков, Свирский 1987; Беляев 2003; Булатов и др. 2016; Шунтов 2016). На всем историческом периоде изучения учеными таких колебаний они носили волнообразный характер. В результате многолетних исследований флюктуирующих рыб [91], в том числе сардины и других субтропических видов, давно стало очевидным, что урожайность поколений и волн их численности зависит от комплекса климатических, океанологических, гидробиологических и биоценологических факторов [92]. Мониторингом промыслового запаса сардины занимались отечественные и японские ученые (Кеня, Соколовская 1977; Watanabe 1977). По имеющимся на

сегодня данным, японским исследователем Uda M. определены следующие временные интервалы увеличения запасов дальневосточной сардины: с 1680 г. по 1740 г., с 1820 г. по 1855 г. и с 1915 г. по 1950 г. Данные другого японского ученого Ito S. свидетельствуют о следующих подъемах: с 1560 г. по 1580 г., с 1690 г. по 1720 г., с 1790 г. по 1840 г., с 1910 г. по 1950 г. и с 1972 г. по 1992 г. За исключением самых последних лет все 1980-е гг. воспроизводство сардины было успешным, и пика численности она достигла на рубеже 1980–1990-х гг., на который пришелся и максимальный вылов. В начале 1990-х гг. естественная волна численности сардины была уже на спаде. В начале второй половины первого десятилетия началось «оживление» на ее нерестилищах и в Японском (а также на севере Восточно-Китайского) море, и у тихоокеанского побережья Японии. Уже в начале второго десятилетия 21-го века оно значительно усилилось, в результате чего и в море, и в океане начался специализированный японский промысел [92]. Таким образом, периоды увеличения и падения численности периодически чередуются и составляют временные интервалы от 30 до 40 лет каждый. В новом тысячелетии период увеличения численности дальневосточной сардины (иваси) начался в 2005 г. и продлится до 2035-2040 гг.

1.2 Динамика численности и распределение дальневосточной сардины (иваси)

Различным вопросам динамики и другим сторонам биологии сардины иваси посвящено множество публикаций. При детальном их рассмотрении с учетом особенностей разных периодов изучения и противоречивости представлений о лимитирующих ее численность факторах необходимо оценить современное состояние биомассы иваси [52]. Упоминания о факторах, влияющих на формирование урожайности поколений иваси, имеются во многих обзорах, в том числе российских (Новиков, Свирский, 1987; Беляев, 2003; Булатов и др., 2016; Шунтов, 2016). Динамика численности и распределение даль-

невосточной сардины определяется взаимно вложенными процессами (рисунок 1.1), где процесс жизненного цикла (Ж) вписан в более высокие процессы, связанные с объектами ее питания (П): зоопланктон и фитопланктон. В свою очередь, на распределение объектов питания влияют более высокие процессы гидрологии (Г) – течения, прогрев водных масс и т.д. [15].

Наибольший рост фитопланктона, который является кормом для зоопланктона, происходит в зонах смешивания холодных и теплых вод, т.е. в зонах конвергенции. Воды, богатые планктоном, имеют серовато-зеленый цвет (течения Курошио имеют темно-голубой цвет воды), а воды, в которых имеется малое количество планктона, - прозрачны и имеют в основном ультрамариновый цвет.

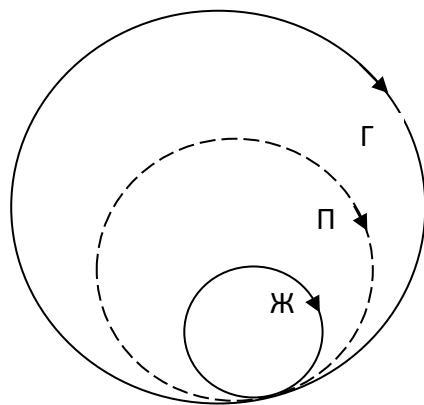


Рисунок 1.1 – Модель вложенности процессов, связанных с жизненным циклом дальневосточной сардины

Встреча разных течений может иметь как вертикальный, так и горизонтальный гидрофронт. Кроме того, места встречи течений могут опускаться даже ниже слоя термоклина, характеризуемого резкой температурной разницей слоев воды. В пределах гидрофронтов наблюдается резкое перемешивание вод. В свою очередь, температура процесса (Г) определяет границы перемещения, для дальневосточной сардины благоприятные температуры от 8-9 °С до 19-20 °С. Следовательно, в местах наличия гидрофронта ниже термоклина происходит уплотнение гидробионтов, в т.ч. дальневосточной сардины (иваси) ближе к термоклину.

Процессы гидрологии (Г) для дальневосточной сардины (иваси) определяются течением Куроисио (рисунок 1.2). Этиологией образования Куроисио является разница в уровнях воды северной части Восточно-Китайского моря и прилегающей части Тихого океана [4]. Основной частью Куроисио считается участок течения от выхода его в Тихий океан через северные проливы островов Рюкю до 36° с. ш. на 150° в. д., где оно переходит в Северо-Тихоокеанское течение. Ветви Куроисио проникают в среднем до 40° с. ш. и далее к северу, встречаются с холодным Курильским течением и образуют многочисленные круговороты [9], [93].

К югу от мыса Синомисаки (южной оконечности острова Хонсю), ширина Куроисио около 170 км, глубина проникновения до 700 м. К 35° с. ш. мощность Куроисио уменьшается до 200 м. Температура воды в августе от 28 °С на юге до 25 °С на севере, в феврале соответственно от 18 °С до 12 °С. Скорость течения на юге около 6 км/час, на севере 1–2 км/час [26].

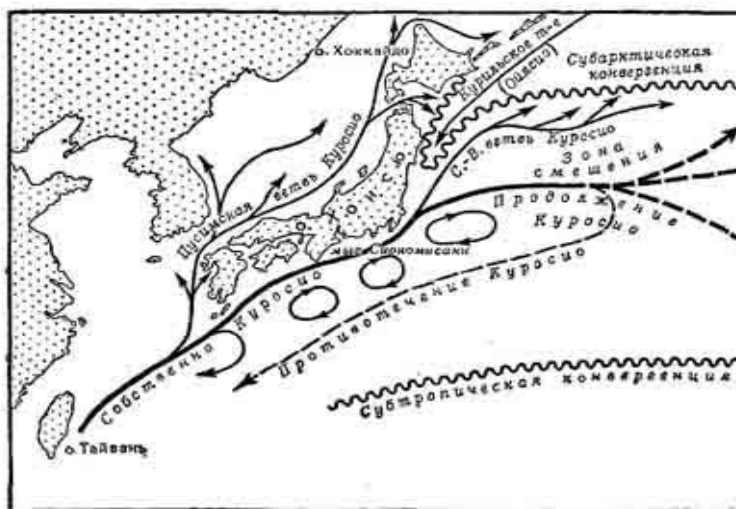


Рисунок 1.2 – Схематическая карта течений в системе Куроисио

Различают быстрорастущую (размножается у северных островов о. Сикоку) и медленнорастущую (тугорослая, размножается на юге о. Кюсю) иваси и соответственно обладают различным репродуктивным потенциалом. Однако в отдельные годы часть стада нерестится летом (июнь-июль) и в заливе Петра Великого.

В начальный период большая часть дальневосточной сардины (иваси) движется по основному руслу Куроисио, где встречается со скумбрией, подходит к Курильским островам и проникает в Охотское море. Далее, в зависимости от численности и температуры поверхностных вод дальневосточная сардина (иваси) проникает к берегам п-ова Камчатка. С возрастанием ее численности смешанные косяки скумбрии и дальневосточной сардины (иваси) разделяются. Обратная миграция дальневосточной сардины (иваси) на юг начинается осенью при уменьшении температуры воды до 8°C. Скорость передвижения косяков достигает 20-30 км в сутки.

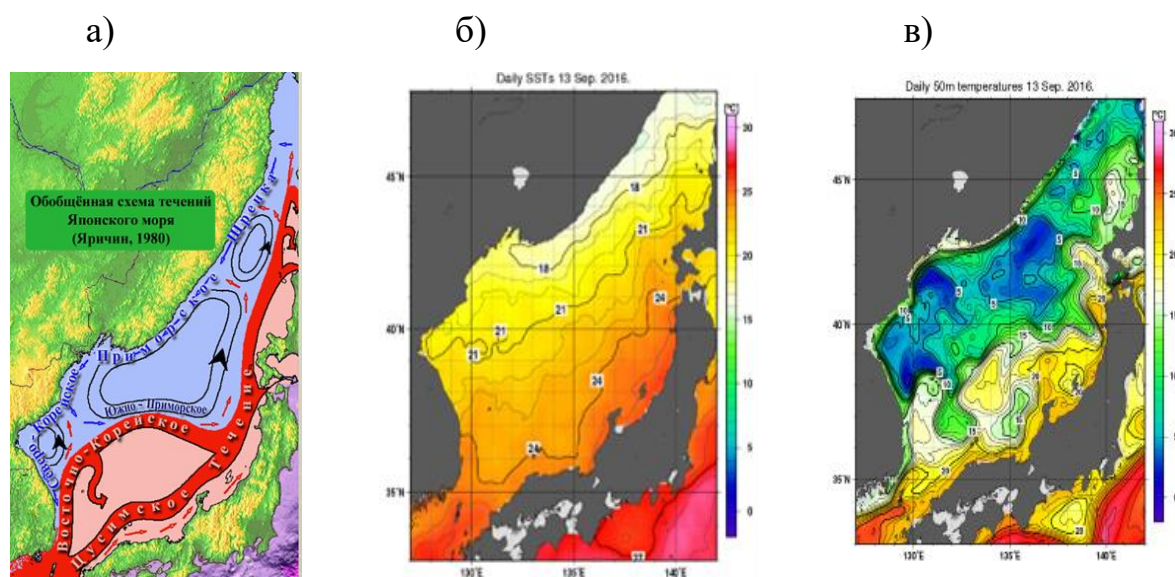
На всех стадиях жизненного цикла колебания динамики численности дальневосточной сардины (иваси) в зависимости от процессов (Г) и (П) имеют циклический повторяющийся характер. Из этого следует, что исследования динамики численности дальневосточной сардины (иваси) в среднесрочной и долгосрочной перспективах (например, на период 2005 – 2035 гг.) могут быть спрогнозированы на основе имеющихся исследовательских данных.

По предыдущему этапу (в 70-е годы прошлого столетия) основу в начальный период составляла крупных размеров быстрорастущая иваси, имеющая высокую плодовитостью и скорость размножения, это позволяло быстро увеличивать численность, но была требовательна к условиям нагула по сравнению с тугорослой.

Быстро растущая сардина начинала миграции на север к Приморью по отвлению течения Куроисио в Японское море (рисунок 1.2) при температуре 8°C, обладала хорошей реакцией на свет, что позволяло вести ее промысел «на подсветку» [6]. В соответствие со схемами течений (рисунок 1.3, а) основной промысел осуществлялся в южной части зоны смешения вод, к северу от оси продолжения Куроисио. На перспективу промысел будет осуществляться в северной части Японского моря. В тоже время часть скоплений сардины (иваси) будет двигаться с восточной стороны Японии по течению Куроисио до берегов полуострова Камчатка.

Затем под действием холодного течения и прогрева верхних слоев воды до 12-15 °С скопления дальневосточной сардины (иваси) будут смещаться вдоль Приморья (обычно в июне), доходя до залива Петра Великого [91]. Распределение температур воды по глубине (рисунок 1.3, а, б) определяет вертикальное распределение дальневосточной сардины (иваси). Отдельные скопления дальневосточной сардины (иваси) могут проникать в подзону Приморья под воздействием струйных течений посредством Восточно-Корейское течения (рисунок 1.3) [6].

Как и на предыдущем этапе вспышки иваси при увеличении численности популяции быстро растущая сардина в короткий срок заместится тугорослой, которая имеет меньшую плодовитость, длительный период созревания икры и более высокой температурой нагула 10 °С. и отсутствием реакции на свет. Соответственно, обратные миграции этого типа к местам нереста определяются температурой воды 10 °С, в отличие от быстрорастущего морфотипа (8 °С).



а – схема течений; б – поверхностная температура воды - 13.09.2016 г.;

в – температура на 50 м глубине - 13.09.2016 г.

Рисунок 1.3 – Течения Японского моря

Именно быстрорастущий морфотип начинает осваивать возможные аралы по температуре, уже в 2018 г. иваси была замечена (в больших количе-

ствах ловилась при поверхностных тралениях) у южной оконечности п-о Камчатка, такие случаи в районах п-о Камчатки наблюдались в прошлый период увеличения численности дальневосточной сардины [3]. В этом случае у всех этих миграционных потоков быстрорастущего морфотипа возникают проблемы к возврату в места традиционного нереста, которая ограничивается гидрологией или близкими факторами к нересту, например, у берегов Приморья, где развитие икры и мальков невозможно.

В предыдущем периоде увеличения численности дальневосточной сардины (иваси), с 1972 по 1992 гг., только в 1980 году появилось максимальное по численности поколение тугорослой иваси. В следствие чего в Японском море средние размеры упали с 210 до 180 мм [87]. При этом уже в 1983 году трехлетние особи тугорослой иваси в основной массе не достигли половой зрелости, что в конечном итоге сказалось на общем снижении нереста сардины (иваси) в Цусимской и Тихоокеанской популяций в 2 раза. Это стало отправной точкой стремительного снижения общей численности иваси в Северо-Западной части Тихого океана [4].

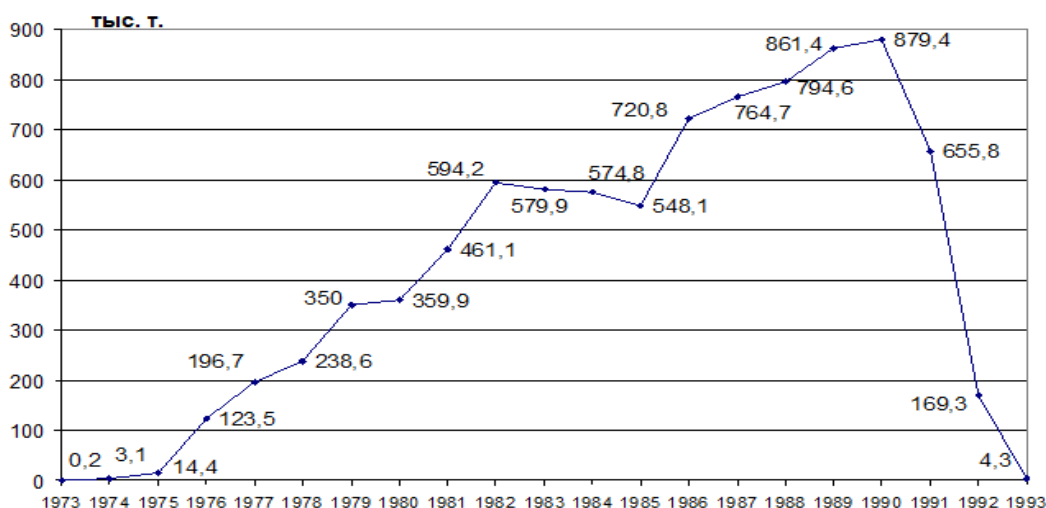


Рисунок 1.4 - Вылов дальневосточной сардины (иваси) в Тихоокеанской зоне и Японском море, тыс. тонн, по данным

В предыдущий период промысел дальневосточной сардины (иваси) начался в Тихом океане с 1974 года и в Японском море с 1976 года успешно

продолжался все 80-е годы XX века. Максимальные уловы отмечались в период с 1986 – 1991 гг. и составляли от 700 до 880 тыс. тонн (рисунок 1.4), здесь в частности по графику видно, что в период 1979 -1980 гг. произошло замещение тугорослой сардины быстрорастущего морфотипа [7], [52].

Максимальный годовой улов, полученный всеми странами в период высокой численности в 80-годы составил 4,5 млн. т. Современный уровень запаса дальневосточной сардины в тихоокеанских водах остается относительно низким, по сравнению с высоким уровнем 1980-х годов, но он все-таки вышел из депрессивного уровня запаса 1 десятилетия после 2000 г. и имеет тенденцию роста [88]. С 2009 г. отмечается устойчивый рост общего и нерестового запаса тихоокеанской популяции сардины, что подтверждается как учетными съемками, так и данными промысловой статистики [4], как отечественными, так и японскими.

Динамика промысла дальневосточной сардины в Японском море в предыдущем промысловом периоде представлена на рисунке 1.5.

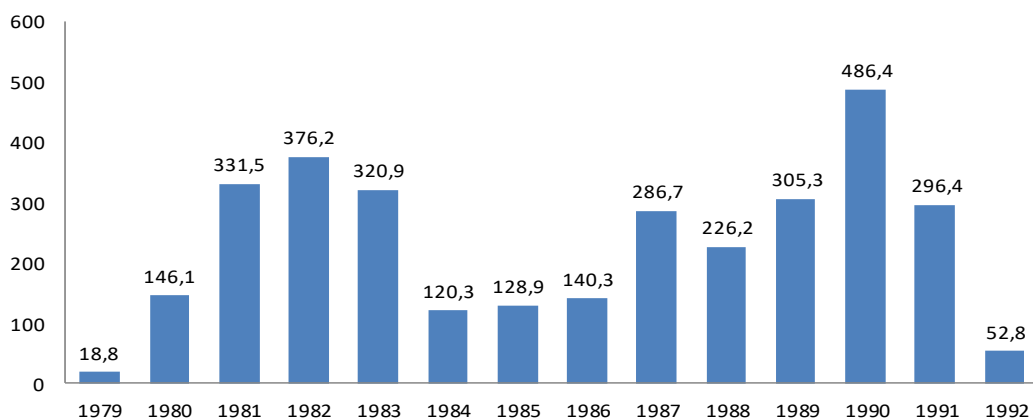


Рисунок 1.5 - Динамика промысла сардины в Японском море

В южнокурильском районе в 2000-е гг. экспедиции ТИНРО-центра работали регулярно, хотя большая их часть пришлась на не «сардиновый сезон». Впервые значительное количество сардины (365 тыс. т) было учтено во время лососевой комплексной съемки в июне — начале июля 2014 г. у границы эко-

номических зон России и Японии, т.е. через несколько лет оживления на тихоокеанских нерестилищах в 2008 г. В 2015 и 2016 гг. при аналогичных лососевых стандартных съемках в начале лета ее биомасса была определена соответственно в 289 и 663 тыс. т, а во второй половине лета — в 736 и 1742 тыс. т. Вместе со скумбрией (3300 и 2592 тыс. т) она занимала обширные акватории как в экономической зоне России, так и за ее пределами [51], [91].

Рост численности дальневосточной сардины, отмеченный в 2010–2015 гг. после многолетнего перерыва, объясняется появлением относительно урожайных поколений в результате похолодания поверхностных вод, вызванного усилением циклонической активности в районе экосистемы Курошио–Ойясио в зимние периоды 2009–2015 гг. Динамика численности и биомассы сардины в период 2015-2017 гг. представлена на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 - Численность и биомасса сардины в СЗТО в 2015-2017 гг. [3]

Биомасса сардины (иваси) летом 2016 г. достигала 1700 тыс. т., однако темп ее роста по сравнению с прошлым промысловым периодом остается низким [3]. При сохранении промысловой смертности на минимальном уровне вылов дальневосточной сардины (иваси) в тихоокеанских водах может составить не менее 700-800 тыс. т в год, в т.ч. в Японском море - 200-300 тыс. т.

По данным ТИНРО-центра, к 2020 году основу запаса в Японском море будет формировать пополнение (0+ и 1+), что позволяет рассчитывать на продолжение роста запасов дальневосточной сардины (иваси) в среднесрочной перспективе.

Кроме того, данные ТИНРО-центра подтверждают умеренный уровень ресурсного потенциала дальневосточной сардины (иваси) в настоящее время. Наряду с этим, наблюдается тенденция устойчивого роста общего и нерестового запаса тихоокеанской популяции сардины, начиная с 2010 года [26]. Намечившаяся динамика позволяет спрогнозировать увеличение объемов дальневосточной сардины (иваси) до уровня в 3,46 млн. т., при доли нерестового запаса 1315 тыс. т [52].

Данные траловых и эхоинтеграционных учетных съемок с судов ТИНРО-центра в тихоокеанских водах показывает рост биомассы дальневосточной сардины в период 2015-2020 гг. (рисунок 1.7).

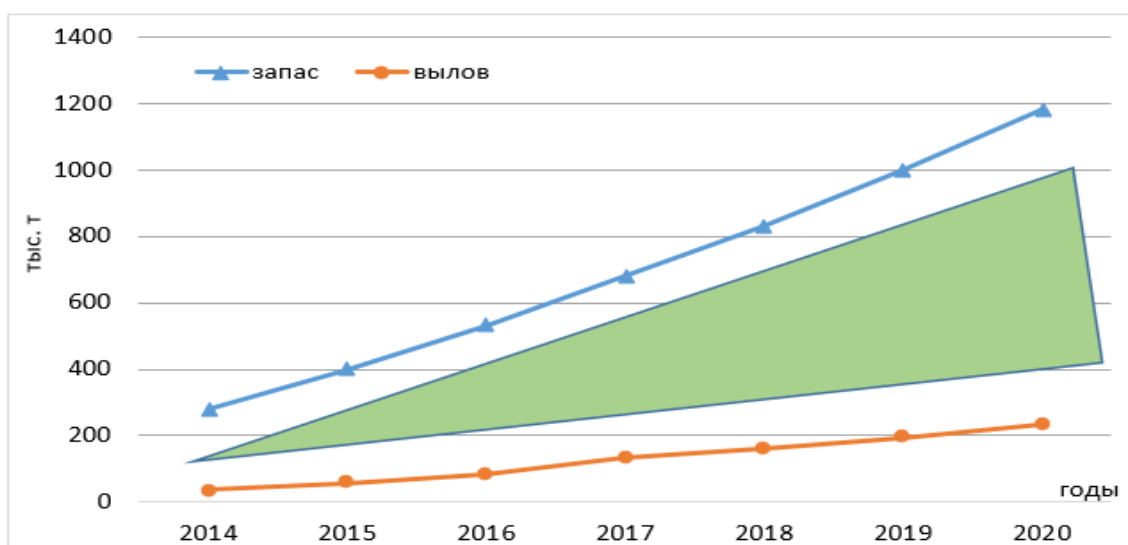


Рисунок 1.7 - Тенденции развития промысла дальневосточной сардины (иваси) в Японском море

Предварительный сценарий среднесрочной перспективы показывает, что даже при наличии увеличения промысловой смертности, запас дальневосточной сардины (иваси) будет поддерживаться на более высоком уровне, чем в 2016 - 2018 гг. [87], [88]. Численность нерестового запаса может уменьшиться

в 2021 году, но будет выше, чем в период 2016-2020 гг., а предельный уровень изъятия на 2021 год определяется в 950 тыс. т [52].

Еще одним показателем нарастающей численности сардины стали результаты осенних съемок ТИНРО посткатадромной молодежи лососей в Беринговом и Охотском морях сначала в 2018, а затем в 2020 г. Молодь иваси в 2018 г. проникала в Командорскую котловину Берингова моря. Южнее Командорских островов в открытых океанических водах восточнее Камчатки в этом году также отмечались ее значительные концентрации. На нагул заходило в 2018 г. значительное количество сардины и в Охотское море. К сожалению, летом здесь наблюдений не было, но во второй половине октября в южной части моря было учтено около 30 тыс. т этой рыбы, уже уходящей в Тихий океан. А в октябре 2020 г. в южной части Охотского моря лососевой экспедицией ТИНРО попутно было учтено 673 тыс. т сардины [84].

1.3 Характер скоплений и анализ суточных миграций дальневосточной сардины (иваси)

Как было описано выше сардина иваси нерестится в водах Японских островов в шельфовой зоне, а нагульная часть популяции перемещается в водах умеренных широт к границам субарктического фронта. В годы высокой численности иваси, большое количество ее молоди наблюдается с восточной стороны Японии и у южных Курильских островов, куда ее выносит течением Куросио до субарктического фронта [3], [6].

Сардина совершает миграции стаями. В мигрирующих стаях сардины отсутствуют постоянные вожаки. Идущие впереди рыбы через некоторое время отходят назад и заменяются другими. Приспособительное миграционное значение стаи заключается не только в обеспечении более благоприятных гидродинамических условий для движения, но и в облегчении ориентировки во время миграции [50].

Знание сроков миграции, миграционных путей сардины (иваси) и тех закономерностей, которым подчиняются миграции, имеет важное практическое значение. Во время миграций сардина образует более или менее значительные стаи - следовательно, лов их становится более успешным и экономически более выгодным [21].

В пределах экономической зоны России встречаются только половозрелые особи дальневосточной сардины (иваси), т.к. весной и в начале лета в Японском море происходят миграции в основном только половозрелых особей сардины (иваси). Район обитания дальневосточной сардины (иваси) в Японском море ограничивается южной частью Амурского лимана, южной частью Охотского моря и побережьем полуострова Камчатка. В зависимости от периода демографического цикла, в кормовых районах, может меняться только концентрация и объемы миграций половозрелых особей сардины [4].

Когда иваси находится на этапе низкой численности демографического цикла и находясь в районах нагула, ее отдельные экземпляры начинают попадаться в орудия прибрежного рыболовства в водах Корейского полуострова, Приморского края и северо-западного Сахалина, что характеризует начало периода высокой численности популяции, что уже наблюдалось в летние месяцы в 2010-2011 гг. В период максимальной численности иваси нагуливаются, направляясь в богатую кормом воды субарктического фронта. Нерест происходит в декабре – мае, затем вдоль японского и тихоокеанского побережья Японии под действием Куроисио взрослые особи перемещаются в направлении субарктического фронта, со скоростью косяков 20-30 км в сутки. В питание преобладают планктонные ракообразные [22]. Миграция обратно происходит при достижении воды температуры до 8⁰ С.

Важной промысловой и поисковой характеристикой косяков и скоплений сардины является их плотность. Это количество рыбы, приходящейся на единицу объема скопления (может быть выражено массой или количеством рыб). Плотность определяется по формуле:

$$P = \frac{g}{V \cdot \varphi}, \quad (1.1)$$

где g - величина контрольного улова; V - объем обусловленной части косяка или скопления; ϕ - коэффициент уловистости.

Пелагические скопления сардины (иваси) и скумбрии бывают косячными и смешанными. Площадь таких скоплений обычно не превышает 20–25 кв. миль. По структуре косячные скопления сардины состоят из отдельных промысловых косяков, находящихся друг от друга на расстоянии не более 1-2 миль. Движущиеся косяки сардины имеют серпообразную форму, причем в вершине «серпа» рыба держится более плотно [50].

По характеру эхограммы движущийся косяк можно легко отличить от малоподвижного. В первом случае он имеет четкий контур и одну вершину. Малоподвижные косяки имеют размытые контуры и несколько вершин [4].

1.4 Суточное вертикальное распределение и миграции дальневосточной сардины (иваси)

Форму и вертикальную протяженность косяков определяют по эхозаписи тех косяков, которые располагаются на курсах судна. Если скопление состоит из косяков рыбы одного вида, сходных по размеру и форме, объем, занимаемый рыбами в скоплении равен:

$$V = n \cdot V_{\text{ср}} , \quad (1.2)$$

где $V_{\text{ср}}$ - средний объем косяка; n - число косяков.

При определении величины косяков учитывают зону бокового излучения эхолота [73]. Объем овальных косяков определяют по формуле:

$$V_{\text{к}} = \sigma \cdot l_{\text{к}} \cdot b_{\text{к}} \cdot h_{\text{к}} , \quad (1.3)$$

где σ – коэффициент полноты косяка; $l_{\text{к}}$ – длина косяка; $h_{\text{к}}$ – высота косяка; $b_{\text{к}}$ – ширина косяка.

Количество рыбы P_0 в крупном косяке находят по формуле:

$$P_0 = \rho \cdot V , \quad (1.4)$$

где V – объем косяка; ρ - плотность рыбы (в штуках на 1 м³ скопления).

По данным об уловах судов можно составить лишь приближенное представление о распределении и плотности рыб по площади и глубине. В то же время в последние годы широкое применение в мировой рыбохозяйственной науке получил дистанционный гидроакустический метод мониторинга биоресурсов. Преимуществом гидроакустических наблюдений является непрерывность регистрации скоплений гидробионтов, а также, благодаря высокой скорости обзора среды и значительной дальности действия, возможность обследовать большие площади за относительно короткий временной промежуток времени [47]. Еще одним достоинством метода является возможность оценки не только горизонтального, но и вертикального распределения гидробионтов. В связи с этим современной гидроакустической аппаратуры для поиска, обнаружения и оценки плотности концентраций подвижных скоплений сардины (иваси) является наиболее перспективным.

В последние годы на промысловых судах в Дальневосточном бассейне, все чаще устанавливаются норвежские рыбопоисковые эхолоты серии ES (ES60/70/80) фирмы Simrad. По сведениям, предоставленным компанией «Норвежские партнеры» (г. Владивосток), около 35 судов, работавших на промысле сардины и скумбрии в ЮКР в 2020 г., были оснащены рыбопоисковыми эхолотами Simrad ES. Данный тип эхолотов имеет цифровой выход с возможностью накопления и записи гидроакустических данных в файлы формата Simrad RAW и их дальнейшей обработки с помощью различных постпроцессорных программных пакетов [48], [49].

Специалисты ТИНРО имеют опыт видовой идентификации акустических изображений (эхограмм) «чистых» и смешанных скоплений японской скумбрии и дальневосточной сардины (иваси) в различное время суток, а также оценки промысловой значимости скоплений.

Исследование эхограмм и траловых уловов полученные в ходе проведения комплексных экспедиций на научно-исследовательских и промысловых судах выявили характерные акустические характеристики смешанных и «чи-

стных» скоплений скумбрии и иваси на эхограммах и в различные периоды суток [4]. Определенно, что образование отдельных («чистые») скоплений плотных косяков сардины и иваси происходят в дневное время суток, эти косяки регистрируются в горизонте до 30 м, где перемещаются в сторону от акустических полей судов. (рисунки 1.8-1.9).

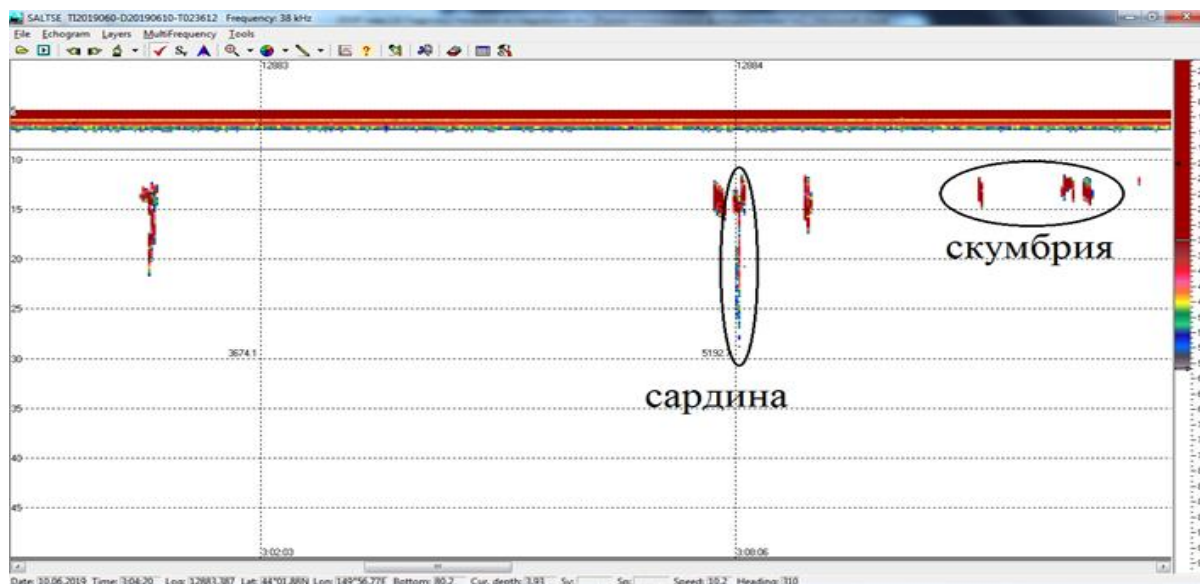


Рисунок 1.8 – Фрагмент эхограммы смешанных скоплений сардины (иваси) и скумбрии в СЗТО, светлое время суток, июнь 2019 г.

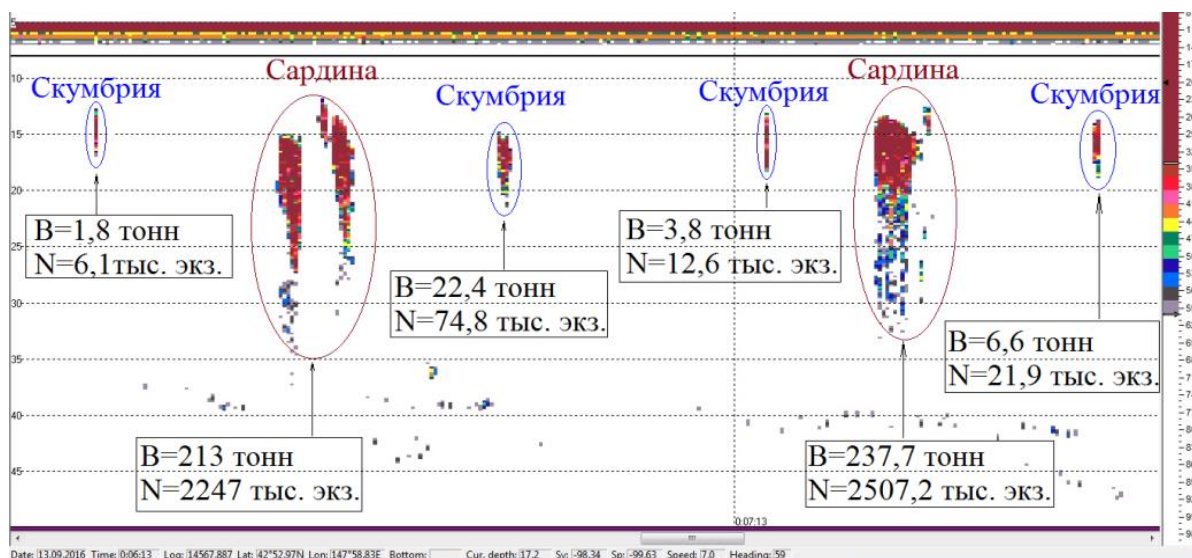


Рисунок 1.9 - Фрагмент эхограммы смешанных скоплений сардины (иваси) и скумбрии с оценками численности и биомассы косяков, светлое время суток

Косяки скумбрии и сардины иваси перемешивались в ночное время суток, в это время рыбы в зрительном диапазоне не могли контролировать совместное движение, сохраняя связь в низкочастотном акустическом диапазоне. Это позволяло иваси, сохранять косячное состояние, но иметь более низкую плотность и горизонтальную протяженность до 120-260 м. Фрагменты эхограмм смешанных скоплений дальневосточной сардины (иваси) и японской скумбрии, в ночное время суток представлены на рисунках 1.10-1.11.

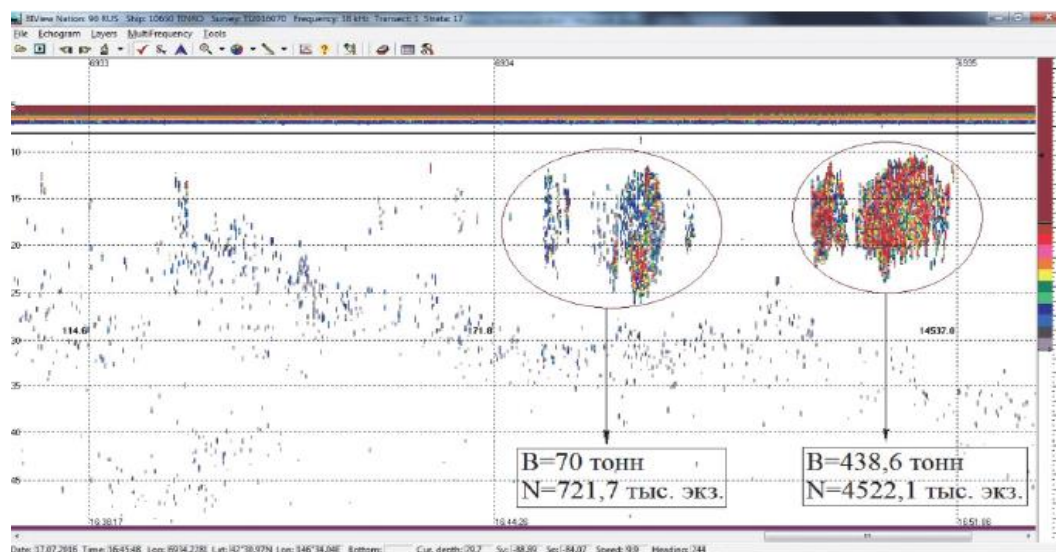


Рисунок 1.10 - Фрагмент эхограммы сардины (иваси) и скумбрии с оценками численности и биомассы косяков в ночное время суток

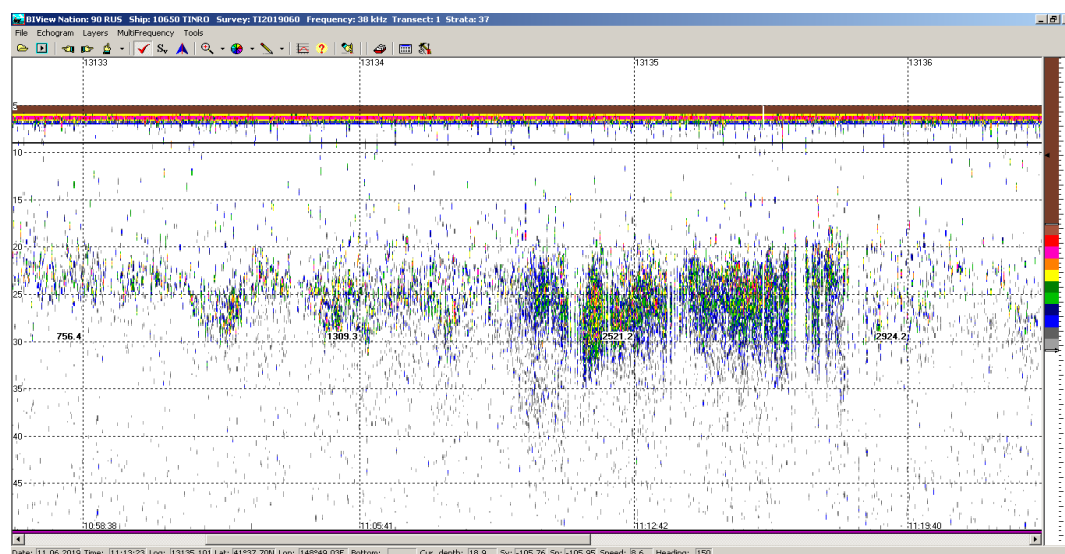


Рисунок 1.11 - Фрагменты эхограмм смешанных скоплений сардины и скумбрии в СЗТО в темное время суток, июнь 2019 г.

Сравнение суточных эхограмм скоплений дальневосточной сардины в различные периоды свидетельствует о том, что в дневное время косяки сардины и скумбрии держатся на расстоянии, что позволяет проводить изъятие каждого промыслового объекта по отдельности с минимальным смешиванием улова.

Соответственно, промышленный промысел отдельно скумбрии и отдельно дальневосточной сардины (иваси) в ночной период времени является затруднительным, поскольку отсутствуют четкие границы между косяками разных видов рыб (рисунок 1.10-1.11), в отличие от дневного процесса, когда косяки имеют четкие различия (рисунки 1.8-1.9).

1.5 Организация промысла дальневосточной сардины (иваси) на современном этапе

Анализ результатов промысла дальневосточной сардины (иваси) за период 2016-2020 гг. проведен по следующим компонентам: объемам добычи промыслового объекта с разбивкой по месяцам ведения добычи и каждому объекту, типовому и количественному составу добывающих судов, технологиям промысла. Анализ произведен на основании данных об освоении общих допустимых уловов и квот, представленных на официальном сайте ФГБНУ «ВНИРО» ТИНРО [84].

В течении анализируемого периода добыча дальневосточной сардины (иваси) осуществлялась отечественными крупнотоннажными добывающими судами типа БМРТ, РТМС, БАТМ перешедшими с промысла минтая и сельди, на промысел дальневосточной сардины (иваси), а также судами типа РС и СТР осуществляющих добычу с учетом поведения данного промыслового объекта, включающего наличие «промыслового соседства» с японской скумбрией (создание так называемых «смешанных» косяков). Объемы до-

бычи, достигнутые всеми добывающими судами, осуществляющими промысел дальневосточной сардины (иваси) в исследуемом периоде, представлены на рисунке 1.12.

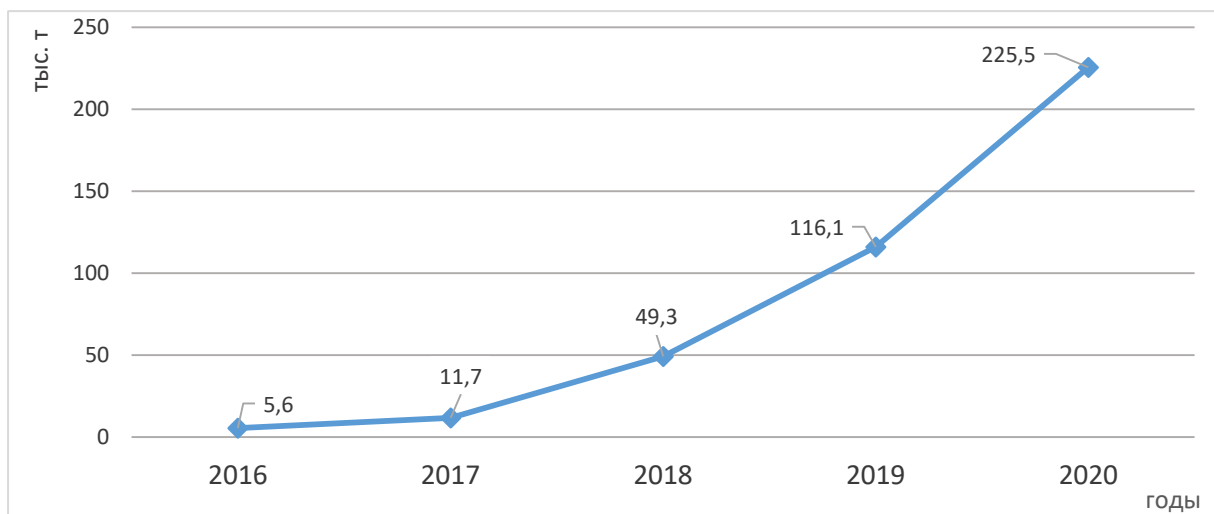


Рисунок 1.12 - Объем добычи сардины (иваси) за период 2016-2020 гг.

Представленные данные свидетельствуют о наметившейся с 2016 г. устойчивой положительной динамике увеличения объемов вылова с 5,6 тыс. т в 2016 г. до 225,5 тыс. т. – в 2020 г. Базисный темп роста к 2016 г. составил в 2017 г. – 109% (увеличение - в 2,1 раза), в 2018 г. – 780,35% (увеличение – в 8,8 раз), в 2019 г. – 1973,2% (увеличение в 20,7 раз) и в 2020 г. объем вылова увеличился более чем в 40 раз. Рекомендованная величина возможного вылова дальневосточной сардины (иваси) на 2021 г. в Южно-Курильской зоне определена в размере 300 тыс. тонн [75].

Промысел дальневосточной сардины (иваси) осуществлялся ежегодно в летне-осенний период 2016-2020 гг. добывающими судами среднетоннажного и крупнотоннажного флота с использованием технологий кошелькового и трапового лова. В общей сложности на добыче данного промыслового объекта ежегодно работало от 14 до 32 рыбопромысловых судов под флагом Российской Федерации, при этом среднесуточный состав флота около 16 судов (рисунок 1.13).

Рисунки 1.12 – 1.13 составлены на основании статистических данных об освоении общих допустимых уловов и квот, представленных на официальном сайте Росрыболовства [87].

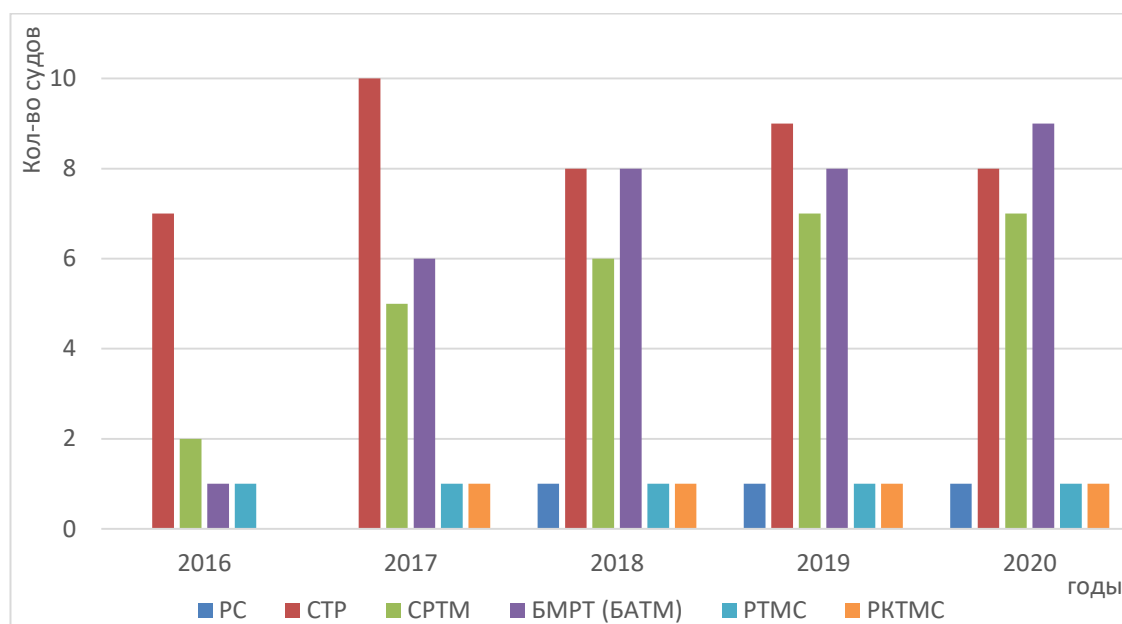


Рисунок 1.13 – Типовой и количественный состав добывающего флота на промысле дальневосточной сардины (иваси) в 2016-2020 гг.

Промысел дальневосточной сардины (иваси) и скумбрии осуществлялся ежегодно в летне-осенний период 2016-2020 гг. добывающими судами среднетоннажного и крупнотоннажного флота с использованием технологий кошелькового и тралового промысла. Технология тралового промысла дальневосточной сардины (иваси) и скумбрии, как и любая технология промысла, является системой взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов: объект промысла (его поведение в естественных условиях и в зоне действия орудия рыболовства), гидрометеорологические условия района промысла, орудие рыболовства, промысловые схемы, представляющие собой взаимосвязанную совокупность судна с установленным на нем промысловым устройством для ведения процессов добычи, организация ведения промысла [51].

Вместе с тем, дальневосточная сардина (иваси) является объектом промысла, обладающим «промысловым соседством» т.е., наблюдается одновременное присутствие двух промысловых объектов: дальневосточной сардины (иваси) и японской скумбрии. При работе судов на промысле ведется добыча обеих промысловых объектов. Данная особенность позволяет осваивать эти два объекта промысла с помощью технологии тралового лова, традиционно используемого при добыче японской скумбрии крупнотоннажными добывающими судами. На рисунке 1.14 представлено структурное (видовое) соотношение дальневосточной сардины (иваси) и скумбрии за период 2016 – 2020 гг.

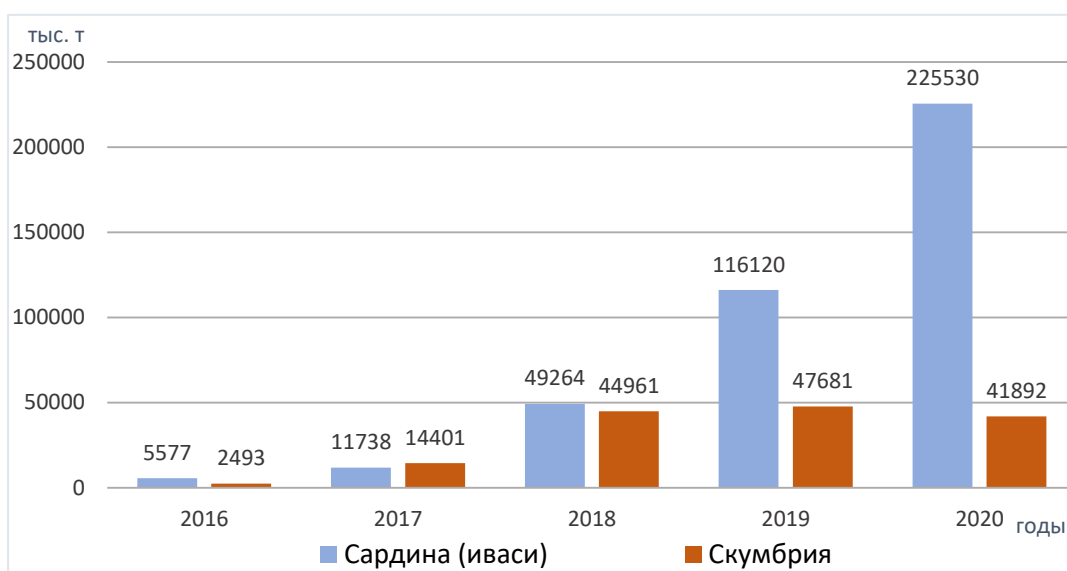


Рисунок 1.14 – Структурное (видовое) соотношение промысловых объектов в общем вылове

Структурное соотношение дальневосточной сардины (иваси) к скумбрии в выловах составило: в 2016 г. – 69,1%/30,9%; в 2017 г. – 44,9%/55,1%; в 2018 г. – 52,3%/47,7%, в 2019 г. – 58,94%/41,06%; в 2020 г. – 81,4%/18,6%.

Характер исследованных скоплений сардины (иваси) показал их смешанный характер, т.е. одновременное присутствие двух промысловых объектов в структуре улова: дальневосточной сардины (иваси) и японской скумбрии. Такое «промысловое соседство» создает реальную потенциальную воз-

возможность в освоении этих двух промысловых объектов [58] с помощью технологии тралового промысла, традиционно используемой при добыче японской скумбрии, действующими крупнотоннажными добывающими судами. Кроме того, на распределение рыбы влияют различные биотические и абиотические факторы, которые могут вызвать отклонение поведения и распределения рыбы от нормы [39].

На величину улова, его половой, видовой и возрастной состав влияет селективность рыболовства, связанная с характером распределения объекта лова в пространстве и времени по полу, виду и возрасту. Среди причин, определяющих селективное разделение промысловых объектов по горизонтали и вертикали, важное значение имеет несовпадение периодов и амплитуды суточных вертикальных миграций, а также периодов, амплитуды и направления суточных и сезонных горизонтальных миграций сардины (иваси) и скумбрии разного пола и возраста [15], [59], [89], [91]. Эти факторы позволяют разделять косяки рыб и использовать технологии прицельного траления, для изъятия только определенного промыслового объекта [57], в данном случае сардины (иваси).

1.6 Выводы по главе 1

На основании проведенного исследования современного состояния и перспектив развития промысла дальневосточной сардины (иваси) сформулированы следующие выводы, определены узкие места при ведении траловой технологии лова, требующие научного осмысления и проработки на последующих стадиях исследования, намечены пути совершенствования технологии тралового промысла дальневосточной сардины (иваси).

1) На сегодняшний день в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне имеется потенциальная возможность возобновления промысла дальневосточной сардины (иваси) в промышленных масштабах.

2) Сырьевая база промыслового объекта - дальневосточная сардина (иваси) имеет устойчивую промысловую доступность к изъятию с возможностью его наращивания в долгосрочной перспективе;

3) Анализ поведения дальневосточной сардины (иваси) в естественных условиях, позволяет установить, что ее суточное вертикальное распределение и миграции создают реальную потенциальную возможность для эффективного использования на промысле технологии тралового лова;

4) Крупнотоннажный добывающий флот типов БМРТ (БАТМ, МРКТ), РТМС и РТМКС, принявший участие в промысловом периоде 2016-2020 гг., показал устойчивую динамику роста объемов вылова дальневосточной сардины (иваси) при использовании на промысле технологии тралового лова.

Результаты проведенного исследования показывают, что совершенствования технологии тралового лова, как правило сводились к улучшению оснастки и формы орудия рыболовства, разработке технологий постройки тралов, применению новых более эффективных материалов, изысканию возможности облегчения конструкции и снижения стоимости тралов и т.п. Вместе с тем, необходимо отметить – анализ использования тралов для добычи указанного промыслового объекта не проводился, а вопросы совершенствования используемых траловых систем, для освоения промысловых запасов дальневосточной сардины (иваси), в должной мере не рассматривались. Проведенный анализ использования орудий рыболовства на промысле сардины (иваси), показал успешность применения тралов для данного вида промысла, но в тоже время недостатком такого промысла является низкая сохранность товарного вида рыб. В связи с вышеизложенным наиболее действенный способ повысить эффективность использования тралов на промышленном лове дальневосточной сардины (иваси) и обеспечить сохранность товарного вида сардины, сопоставимую с технологиями применения кошельковых неводов – это разработка научного и методологического подхода к повышению эффективности тралового лова и совершенствованию управления траловыми комплексами на основе использования траловых систем с гибкими распорными устройствами.

ГЛАВА 2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАЛОВОГО ЛОВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ (ИВАСИ) И СОВЕРШЕН- СТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЛОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

2.1 Технологии лова дальневосточной сардины (иваси) на современном этапе возобновления промысла

Траловый промысел водных биологических ресурсов широко распространен во всех странах с развитой рыбной промышленностью – России, Японии, Норвегии, США и т.д.

Тралы являются основным орудием океанического рыболовства, ими добывается примерно 2/3 мирового улова рыбы и нерыбных объектов - креветок, криля, кальмаров. Широкому распространению тралового промысла способствует его универсальность, большая маневренность, возможность осуществления лова практически на любых глубинах и в сложных условиях моря, относительно высокий уровень механизации, сравнительная простота механизации и автоматизации, возможность полной или частичной переработки рыбы на добывающих судах, оборудованных необходимым технологическим оборудованием, высокая производительность и экономическая эффективность [50].

Промысловыми объектами тралового лова являются, как правило, косячные и относительно разреженные скопления рыб, например, минтай, скумбрия, сардина, сельдь и т.д.

Несмотря на все положительные качества тралового лова водных биологических ресурсов, в период масштабного освоения отечественными рыбаками дальневосточной сардины (иваси) пришедшийся на период 70-90-е годы прошлого столетия, технология тралового лова не использовалась. Основной технологией добычи данного объекта в указанный период являлась технология кошелькового лова [50].

Кошельковый лов некогда являлся основным на промысле сельди, сардины иваси, скумбрии [4]. С падением численности этих рыб данный вид промысла деградировал, сегодня в значительной мере утрачены его навыки. Между тем кошельковые невода — очень уловистые орудия лова. Удачный замет может дать несколько сотен тонн рыбы. К их достоинствам также относятся практически полное отсутствие других видов, кроме «основного» объекта промысла, и возможность выпустить улов живым в случае, если размерный состав или другие параметры неудовлетворительны [58]. Такой эффект достигается за счет того, что, хотя кошельковые невода и относятся к группе отцеживающих орудий лова, как и тралы, принцип их действия совершенно другой. Они представляют собой сетное полотно — «стенку», длиной от 200 метров и высотой от 25 до 200-250 метров, которой рыболовное судно обметывает косяк рыбы (рисунок 2.1). После этого низы невода стягиваются, и улов оказывается в бассейне из дели, откуда изымается каплерами или рыбонасосами [53], [56]. Единственным недостатком этого метода называют возможность выхода части косяка из обметываемого пространства.

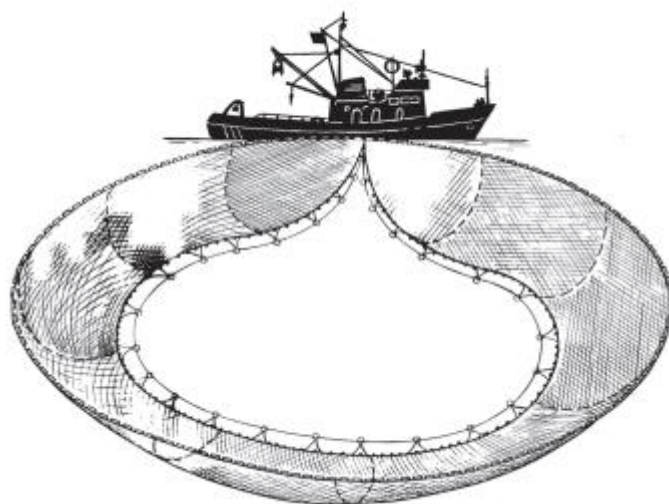


Рисунок 2.1 – Кошельковый невод

Кошельковые системы промысла оптимизированы именно для промысла сардины (иваси), с ее очень большими объемами суточного вылова в периоды увеличения популяции и с учетом того, что эта нежная и жирная рыба требует

особых режимов и систем ее кошелькования, за счет которых обеспечивается возможность очень больших уловов.

В период с 90-х годов прошлого столетия и до сегодняшнего дня, на Дальнем Востоке России, являющемся районом обитания дальневосточной сардины (иваси), произошли большие изменения в структуре рыбодобывающей отрасли [28]. В этот период основными объектами крупномасштабного промысла являлись минтай и сельдь, при освоении которых использовалась технология тралового лова. В этой связи изменилась и структура добывающего флота Дальневосточного региона, основу которой стали составлять в основном крупнотоннажные траулеры: БМРТ, РТМС, БАТМ и др. Данные добывающие суда отличаются хорошими мореходными качествами, высокой производительностью тралового лова, наличием технологического оборудования, позволяющего производить из сырца готовую продукцию и обеспечить ее долговременное хранение, а также увеличить автономность добывающего судна по заполнению трюмов по основному виду продукции [2].

Одновременно с этим, удельный вес малотоннажного и среднетоннажного флота поэтапно уменьшался в связи с происходящим его «старением»: физическим и моральным износом. После завершения в 1992-1994 гг. промысла дальневосточной сардины (иваси) с использованием технологии кошелькового лова большинство промысловых судов подверглось переоборудованию под другие технологии лова, а перерабатывающие рыбу плавзаводы потеряли свою актуальность и были утилизированы. В связи с произошедшими изменениями форм собственности рыбодобывающих предприятий и потерей производственных связей между рыбопромышленниками, технологии кошелькового промысла потеряли свою актуальность в связи с чем стали невосребованные и большие перерабатывающие плавзаводы, которые принимали рыбу сырец от сейнеров, использующих технологии кошелькового лова и сразу перерабатывали в готовую рыбопродукцию. На современном этапе обновления промысла иваси наилучшие результаты показывают крупнотон-

нажные суда, обеспечивающие добычу и переработку сардины (иваси). Малотоннажные суда типа СТР, работающие на данном промысле, сталкиваются с проблемой передачи улова для дальнейшей переработки. При этом кошельковыми неводами суда работают не очень продуктивно сказывается отсутствие преемственности этого вида промысла которое привело к тому, что утрачены специалисты и опыт. Ведь техника работы с этим орудием лова достаточно сложная, требует определенных навыков и большого мастерства. При использовании технологии тралового лова практически сразу около половины улова превращается в сырье для технической продукции. Биологические особенности дальневосточной сардины (иваси) таковы, что ее нежное по консистенции тело не выдерживает больших давлений в мешке тралов. Это особенно сказывается подъеме тралового мешка с уловом на палубу через слип. Этот недостаток устраняется, если траловый мешок с уловом не поднимается через слип на палубу, а выливка улова производится помощью вакуумных рыбонасосов [70]. Соотношение использования технологий лова на современном этапе возобновления промысла представлено на рисунке 2.2.

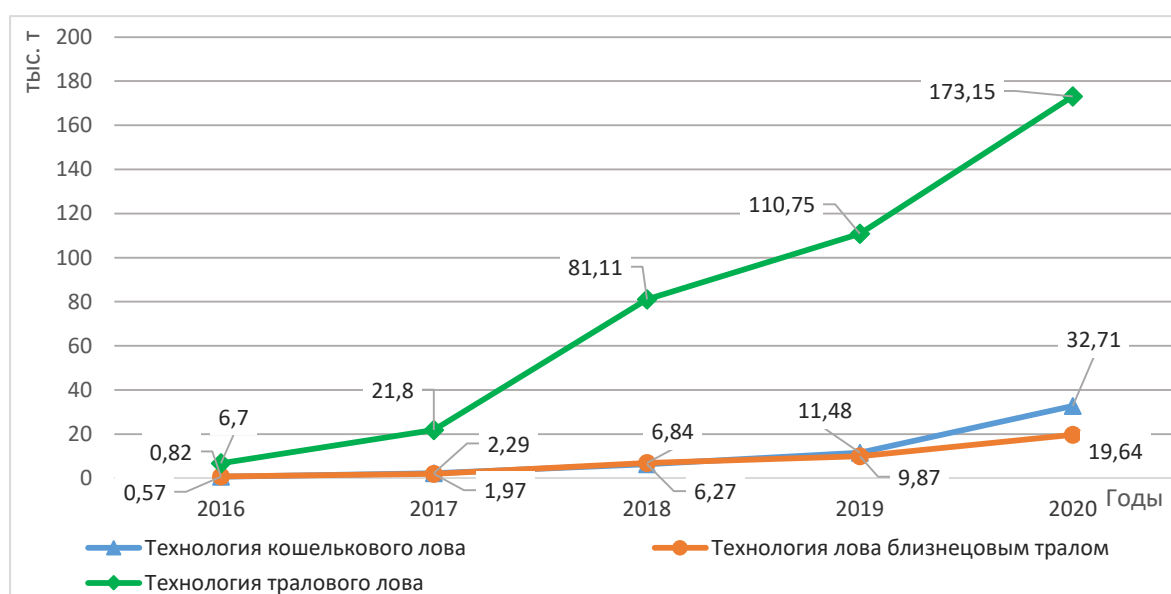


Рисунок 2.2 – Динамика применения на промысле дальневосточной сардины (иваси) технологий лова, приведенных к объемам вылова в 2016-2020 гг.

Сопоставляя данные о количественном составе добывающих судов по соответствующим годам, установлено, что имеется прямая зависимость между увеличением добычи при использовании траловой технологии лова и увеличением, в первую очередь, численности промысловых мощностей типа БМРТ (БАТМ, МРКТ), являющихся мощными добывающими судами кормового траления. Одновременно, на графике видно, что имелось аналогичное увеличение объемов вылова дальневосточной сардины (иваси) с использованием технологий лова близнецовым тралом и кошельковым неводом с небольшим базисным темпом роста.

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о наличии устойчивой динамики увеличения объемов вылова дальневосточной сардины (иваси) с использованием технологии тралового лова с 6,7 тыс. т в 2016 г. до 173,15 тыс. т в 2020 г.

При использовании на промысле дальневосточной сардины (иваси) технологии тралового лова особое место занимает прицельное траление. При прицельном облове сардины (иваси) необходимо решить задачу наведения движущегося трала на подвижный косяк рыбы в трехмерном пространстве. Для определения границ ее промысловой концентрации в толще воды добывающее судно без трала ведется переменными галсами с включенными приборами. При обнаружении объекта промысла определяется длина и ширина промыслового скопления, глубина его погружения, направление и скорость горизонтального перемещения, размеры промысловой площадки (промысловый планшет). После этого трал спускается с таким расчетом, чтобы сразу же после взятия ваеров на стопора он попал на скопление или промысловую площадку [61]. При этом следует учитывать специфику тралового лова, заключающуюся в том, что судно и трал представляют собой единую, неразрывно связанную ваерами систему, в которой в процессе выполнения промысловых маневров наблюдается существенное влияние элементов системы друг на друга. Задача

оптимального наведения трала – это определение такой его траектории с учетом перемещения косяка рыбы, при которой обеспечивается максимально эффективный облов косяка [61].

2.2 Обоснование размеров входного устья разноглубинного трала для промысла дальневосточной сардины (иваси)

Траловый промысел отличает универсальность; способность ловить гидробионтов на любых глубинах, при большом волнении моря; высокий уровень механизации всех операций (спуск трала, подъем трала и выливка улова). Эти обстоятельства ведут к развитию техники и организации тралового лова, в т.ч. на основе уточнения характеристик и поведения объекта лова.

В последние 20 лет на дальневосточных крупнотоннажных добывающих судах наибольшее распространение получили следующие конструкции разноглубинных тралов: трал 133/312 м и 110/600 м конструкции СПРП «Атлантика», 94/488 м конструкции Клайдпедского филиала НПО промысловства, 112/560 м конструкции ДВ филиала НПО промысловства, 118/620 м конструкции БАМР, РК- 215/1632 пр 2736-00 ООО Севрыбпроект, РК- 275,8/2112 пр 2765-00 «Орион», Атлантика 768 – 160/768 Fishing Service, 120/648 м и 130/190 м конструкции ПЭБ – для судов типа БАТМ и РТМС [14].

На сегодняшний день, тралы проектируются с учетом поведения рыб, которое изучается с помощью средств визуальных подводных наблюдений, приборных исследований и косвенных методов.

Характер исследованных скоплений дальневосточной сардины (иваси) показал смешанный облик, т.е. одновременное присутствие двух промысловых объектов: дальневосточной сардины (иваси) и японской скумбрии.

Такое «промысловое соседство» создает реальную потенциальную возможность в освоении этих двух промысловых объектов с помощью технологии тралового промысла, традиционно используемой при добыче японской скумбрии крупнотоннажными добывающими судами.

Для промысла сардины-иваси наиболее эффективным является судно, имеющее цех по переработке рыбы. Более всего подходят суда типа БМРТ, БАТМ, МРКТ и РТМС. Данные добывающие суда являются промысловыми судами с законченным производственным циклом. Они отличаются хорошими мореходными качествами, высокой производительностью тралового лова, наличием технологического оборудования, позволяющего производить из сырца готовую продукцию и обеспечить ее долговременное хранение, а также увеличить автономность добывающего судна по заполнению трюмов по основному виду продукции [24]. Для промысла сардины-иваси, указанными типами судов, нет необходимости брать «на вооружение» тралы сравнительно крупных размеров. Поэтому на основе заключения аналитического сравнения, наиболее подходящими тралами для ведения прицельного траления являются тралы Атлантика 1800, 1920; Gloria 1280, 1440 HS; 118/620 м; РК 80/396; т. к. выдерживаются скоростные и линейные параметры, подходящие для промысла дальневосточной сардины-иваси в районе Южных Курил.

На сегодняшний день установлено существенное влияние на эффективность работы разноглубинных тралов площади устья, скорости траления и прицельности наведения. В результате проведенных исследований получен ряд зависимостей, которые связывают отдельные параметры орудий лова и некоторые факторы окружающей среды. Большинство теоретических разработок базируется на принципе равномерного распределения объекта лова в толще воды. Это наложило существенный отпечаток на выбор параметров разноглубинных тралов при их проектировании [5], [74]. До настоящего времени, при создании новых конструкций, имеется тенденция одновременного увеличения вертикального и горизонтального размеров устья, исходя из имеющейся и возрастающей мощности судов.

Траловый лов на отдельных этапах оптимизируют обоснованием показателей элементов траловой системы, которые влияют на поведение и распределение рыбы преимущественно на одном из этапов [29]. Наиболее важным из

этих показателей является размер входного устья трала, позволяющий полностью охватить косяки рыб. Изучением зависимости между параметрами устья трала и размерами косяков рыб занимались многие авторы (Гюльбадамов, 1958; Розенштейн, 1964; Саврасов, 1976). Обоснование параметров устья трала и его оснастки были представлены в работах (Бойцов, 1986; Астафьев, 2004; Савин, 2017). Предыдущие обоснования параметров устья трала производились для таких промысловых объектов как японская скумбрия и минтай.

В данной работе представлена методика расчета параметров входного устья трала для промысла дальневосточной сардины (иваси) являющимся одним из факторов, определяющих эффективность ведения тралового промысла.

Определенно, что образование отдельных скоплений плотных косяков сардины иваси и скумбрии происходят в дневное время суток, эти косяки регистрируются в горизонте от 0 до 30 м, также установлено, что горизонтальная протяженность скоплений дальневосточной сардины (иваси) на порядок превышает их вертикальные размеры [23]. В то же время, протяженность косяков в горизонтальной плоскости по меньшей мере на порядок превышает, горизонтальный размер устья современных разноглубинных тралов.

Для облова плотных косяков или групп косяков дальневосточной сардины (иваси) в дневное время суток, необходимо определять параметры входного устья трала. Параметры устья разноглубинного трала необходимо обосновывать размерами стай промысловых объектов. В то же время, протяженность косяков в горизонтальной плоскости по меньшей мере на порядок превышает, горизонтальный размер устья современных разноглубинных тралов. Таким образом, задаемся целью – облов разноглубинным тралом полностью стаи дальневосточной сардины (иваси) по вертикали [10], [11].

Установлено, что между площадью устья сетного мешка трала (S_y) и оптимальным размером косяка рыб (C_k) существует зависимость:

$$S_y = S(C_k), \quad (2.1)$$

Определим параметры стаи рыб:

- в естественном состоянии (невозбужденные стаи): H_c^∞ – высота; B_c^∞ – ширина; ρ_c^∞ – плотность;

- в устье трала: H_c^y – высота; H_c^y – ширина; H_c^y – плотность.

Исходя из заявленной цели облова разноглубинным тралом стаи дальневосточной сардины (иваси), вертикальный размер устья трала выбирается из условия полного вертикального облова стаи [1], а горизонтальное раскрытие трала можно принимать исходя из буксировочных возможностей судна. Для вертикального облова стаи $B_c = H_y$ отсюда следует уравнение:

$$H_y = H_c^y + D_n^B + D_n^H \quad H_y)H_c, \quad (2.2)$$

$$\rho_c^\infty \cdot H_c^\infty \cdot H_y = \rho_c^y \cdot B_c^y \cdot H_c^y, \quad (2.3)$$

где D_n^B, D_n^H – дистанция реагирования рыб на верхнюю и нижнюю подборы трала.

Поскольку:

$$B_c^y = H_y - 2D_n^\delta + D_n^H = H_c^y + D_n^B + D_n^H - 2D_n^\delta, \quad (2.4)$$

то уравнение (2.3) примет вид:

$$\rho_c^\infty H_c^\infty (H_c^y + D_n^B + D_n^H) = \rho_c^y (H_c^y + D_n^B + D_n^H - 2D_n^\delta) H_c^y, \quad (2.5)$$

где D_n^δ – дистанция реагирования рыб на боковые подборы разноглубинного трала.

Уравнение для определения вертикального размера стаи в устье разноглубинного трала получим из формулы (2.5):

$$(H_c^y)^2 - H_c^y \left(\frac{\rho_c^\infty}{\rho_c^y} H_c^\infty + 2D_n^\delta - D_n^B - D_n^H \right) - (D_n^B + D_n^H) \frac{\rho_c^\infty}{\rho_c^y} H_c^\infty = 0 \quad (2.6)$$

где ρ_c^∞, ρ_c^y – количество рыб в единице объема невозмущенной стаи и стаи в устье трала.

Если $\rho_c^\infty = \rho_c^y = p_0$; $D_n^B = D_n^H = D_n^\delta = D_n$, то уравнение (2.6) принимает следующий вид:

$$(H_c^y)^2 - H_c^\infty \cdot H_c^y - 2D_n \cdot H_c^\infty = 0, \quad (2.7)$$

Таким образом, высота стаи в устье разноглубинного трала рассчитывается по формуле (2.7), где параметры высоты стаи в естественном состоянии

определяются по данным эхограмм, а дистанция реагирования, на основе экспериментальных данных, для каждого вида рыб в отдельности.

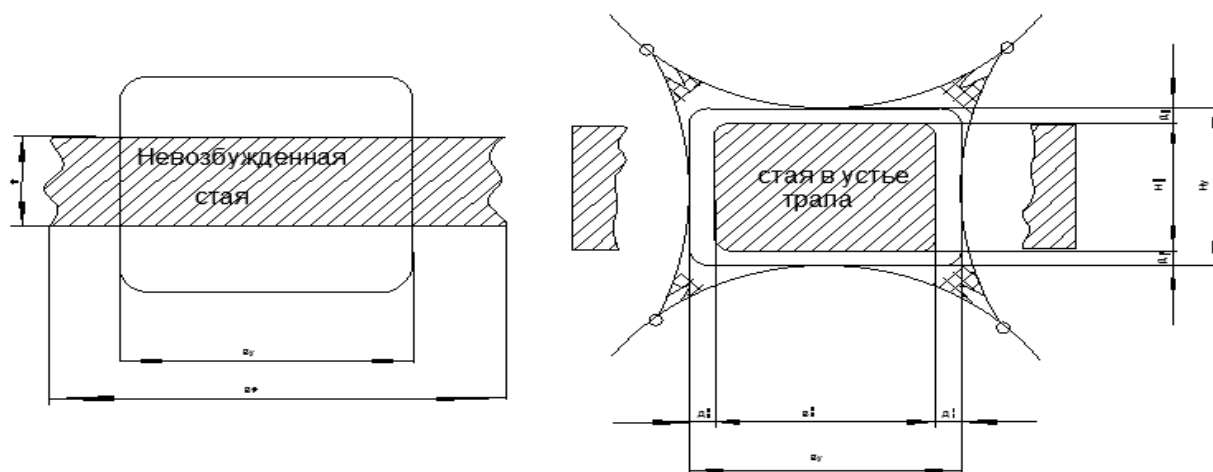


Рисунок 2.3 - Схема взаимодействия стаи рыбы с устьем трапа на примере дальневосточной сардины (иваси)

Например, для дальневосточной сардины (иваси) с учетом ее реакции на нижние и верхние подборы [16] которые зависят от ряда факторов: эффективности действия вихревых шлейфов распорных и подъемных средств; физических полей интенсификации лова; дальности и особенностей проявления реакции на элементы оснастки устья трапа; взаимного расположения и относительных размеров устья трапа и облавливаемого косяка (скопления) (Мельников, 1979), $D_n^B = D_n^H = 7$, по формуле (2.2) определим вертикальный размер устья трапа:

$$H_y = 40 + 7 + 7 = 54 \approx 50 \text{ м.}$$

Из практики известно, что облов дальневосточной сардины (иваси) судами осуществляется на скоростях траления 4,5÷5 узлов.

Таким образом, представленная методика определения параметров входного устья трапа, позволила определить вертикальный размер входного устья разноглубинного трапа, позволяющего полностью облавливать стаи сардины (иваси) в верхних слоях воды по вертикали – 50 м. Это также подтверждается

проведённым анализом скоплений дальневосточной сардины (иваси), основанным на данных эхограмм НИС ТИНРО.

2.3 Гидродинамические распорные устройства для обеспечения проектных характеристик горизонтального раскрытия тралов

В. П. Карпенко и А. Л. Фридман [40], классифицируя распорные устройства трала, подразделяют их на четыре основных группы. К первой группе они относят устройства для донного траления. Ко второй устройства для пелагического траления. В третью группу включены универсальные устройства. Четвертая группа включает в себя устройства многоцелевого назначения. Все эти группы далее разделяются на пять подгрупп: 1) по форме распорного щита в плане; 2) по форме и конструкции профиля распорного щита; 3) по схеме расположения распорных плоскостей; 4) по принципу изменяемости формы устройства; 5) по технологии изготовления. Устройства для донного траления дополнительно отличаются по типу кия. Тем временем, как устройства многоцелевого назначения дополнительно разделяются на три подгруппы: 1) распорно-депрессорные; 2) с регулированием подъемно-углубляющей силы; 3) с позиционным регулированием распорной силы [45]. Эта классификация охватывает практически весь ассортимент распорных устройств, для горизонтального раскрытия тралов до начала 80-х годов. Последние десятилетия для обеспечения горизонтального раскрытия входного устья трала применялись в основном распорные траловые доски. Траловые доски характеризуются гидродинамическим качеством, равным отношению их распорной силы к силе сопротивления. Силы и их отношение зависят от площади и формы доски, условий ее обтекания потоком (у дна, в толще воды), угла атаки доски.

Они имеют значительную массу по отношению к другим элементам траловой системы. Наибольшее использование на практике получили V-образные и цилиндрические траловые доски. В смысле удобства выборки трала наиболее перспективным можно считать распорное устройство парашютного

типа, разработанное В. П. Карпенко [42]. Устройства такого типа при выборке легко может быть преобразовано в жгут и намотано на кабельный, либо сетной барабан. К сожалению, проведенные исследования рынка горизонтальных распорных устройств и анализ литературы показали, что такие устройства широкого применения на практике не нашли [68].

Последние десятилетия для обеспечения горизонтального раскрытия входного устья трала применялись в основном распорные траловые доски. Имеющие значительную массу по отношению к другим элементам траловой системы [45]. Современные траловые доски достигают массы до 4 тонн каждая, поэтому при подходе их к борту судна, требуется особое соблюдение техники безопасности, связанные с фиксацией траловой доски на судне. Для решения этой задачи в настоящее время строятся суда с дополнительной механизацией этого процесса. Но на большинстве существующих судов они не применимы вследствие невозможности размещения на палубе и по причине, что эти механизмы запатентованы. В любом случае на присоединение и отсоединение траловых досок уходит время, что замедляет промысловые процессы и при автоматизации требуют разработки специальных механизмов, которые будут осуществлять процессы соединения и отсоединения.

Говоря о новых конструкциях усовершенствованных досок, Ф. И. Баранов отмечал, что доски разных типов не вносят принципиальной разницы, все сводится к тому, чтобы получить нужную величину распора и данное соотношение между распором и сопротивлением при наименьшей громоздкости доски, а также простой, прочной и дешевой ее конструкции [68]. Поэтому основные исследования в области траловых систем связаны с контролем диапазона устойчивости траловой системы, первые работы в этой области выполнены (В.И. Габрюк, 1982), которые позволили настраивать траловые системы в соответствии с задаваемыми параметрами. Однако процессы постановки траловых систем с досками их описание для решения задач устойчивости продолжают, что отражено в работах [96], [97].

Дальнейшее развитие траловых досок связано с увеличением распорной силы и обеспечению их устойчивости, однако с ростом распорной силы увеличивается и сопротивление, в настоящее время траловые доски создают от 25-40% сопротивления всей траловой системы [38].

Здесь надо отметить, что отсоединение и присоединение траловых досок замедляет промысловые процессы и при автоматизации требует разработки специальных механизмов, которые будут осуществлять это автоматически.

В последние годы появились управляемые распорные средства, служащие для регулирования не только раскрытия трала, но и глубины хода разноглубинного трала, закрытия мешка трала или всего трала по горизонтали перед подъемом его с глубины лова и т.д. [112], [113]. В распорных устройствах, предназначенных и для регулирования глубины хода разноглубинного трала, перемещение с одного горизонта на другой достигается дистанционным изменением величины и направления вертикальной составляющей гидродинамической силы [45].

Хорошо зарекомендовали себя крыловидные траловые доски Зюберкрюба площадью от 4 до 9 м² и отношением высоты к длине 1,6. Доски стальные сварные, снабжены несколькими ребрами жесткости и дополнительными съемными грузами. Максимальную распорную силу крыловидные доски имеют на углах атаки 20°. Однако при таких углах атаки доски плохо берут распор при спуске и неустойчиво ведут себя в потоке. Вот почему с крыловидными досками рекомендуют работать на углах атаки 24–30°.

Крыловидные доски имеют дополнительные отверстия для перестановки дуг (на центральных стрингерах) и лапок досок. Это позволяет использовать каждую доску в качестве правой и левой. Для создания дополнительной распорной силы и придания большей устойчивости на курсе при работе в пелагиали траловые доски крыловидной формы снабжают предкрылками. Предкрылки крепят к передней кромке доски [57].

Представляет интерес норвежский опыт применения разноглубинных тралов с четырьмя распорными досками. Обычные доски крепятся к концам

крыльев (нижние доски больше верхних) и оттяжками к ваерам. Благодаря такой системе крепления досок гидродинамические силы, действующие на каждую пару досок, уравновешены. Нижние доски выполняют не только распорные функции, но и роль загрузки. Регулируя длину шкентеля, соединяющего конец крыла с нижней доской, можно существенно изменить соотношение между горизонтальным и вертикальным раскрытием трала. Работают тралом по бортовой схеме. Простота управления параметрами раскрытия устья трала – основное достоинство лова тралом с четырьмя распорными досками.

Траловые доски настраиваются на судне и обеспечивают равновесие траловой системы в определенном диапазоне параметров траления. В тоже время для облова чередующихся скоплений скумбрии и сардины-иваси с использованием траловых досок судну практически невозможно облавливать только один нужный промысловый объект. Как показывает практика поверхностного траления в Южно-Курильской промысловой зоне, траловые доски не могут идти по поверхности устойчиво.

В связи с этим появилась необходимость создания оснастки, которая позволит системе войти в состояние равновесия без использования больших концентрированных масс во время траления.

Первоначально для решения этой проблемы фирмой Ничимо была разработана оснастка трала, позволяющая производить поверхностное траление [105], которая имеет поплавки на концах крыльев по левому и правому борту (рисунок 2.4) для обеспечения полного поверхностного траления, эффективно загоняя надводную рыбу в трал для ее облова. Это полное поверхностное траление обеспечивается за счет идеального сочетания траловой оболочки, траловых досок, поплавков и веса трала, которое было установлено в ходе ходовых испытаний, проведенных в Японии [104], [109], [112] и оптимизировано для отдельных судов и их операций.

К недостаткам использования поплавков (рисунок 2.4) относится необходимость их отсоединения при выборке и подсоединения при постановке, что замедляет промысловые процессы и при автоматизации требуют разработки

специальных механизмов, которые будут осуществлять процессы их отсоединения и подсоединения.

Поэтому возникли предпосылки создания новых устройств раскрытия устья трала в горизонтальном положении с небольшим весом, которые позволят использовать гидродинамические силы этих устройств для заглубления. Необходимо создать оснастку, которая позволит системе войти в состояние равновесия без использования больших концентрированных масс во время траления. Распорные устройства из гибких элементов позволяют управлять параметрами входного устья траловой системы (во время траления уменьшать или увеличивать горизонтальное раскрытие входного устья трала), что может значительно увеличить эффективность промысла на пелагических объектах [34], [68]. Управляя параметрами входного устья трала можно увеличить маневренность судна (перебежки для выхода на косяк с тралом на максимально возможной скорости). Закрывая и открывая входное устье трала, также можно выводить трал на необходимую глубину хода гораздо быстрее [17], [68]. Для решения вышеперечисленных задач можно использовать гибкие распорные устройства (ГРУ) [18].



Рисунок 2.4 – Раскрытие поверхностного трала с поплавками на крыльях пелагического трала [105]

В отличие от траловых досок, как показали исследования, представленные в работе [12] гибкие распорные устройства, легко могут идти по поверхности и удерживать трал в заданном горизонте траления, что является необходимым условием на промысле дальневосточной сардины иваси, которая образует поверхностные скопления.

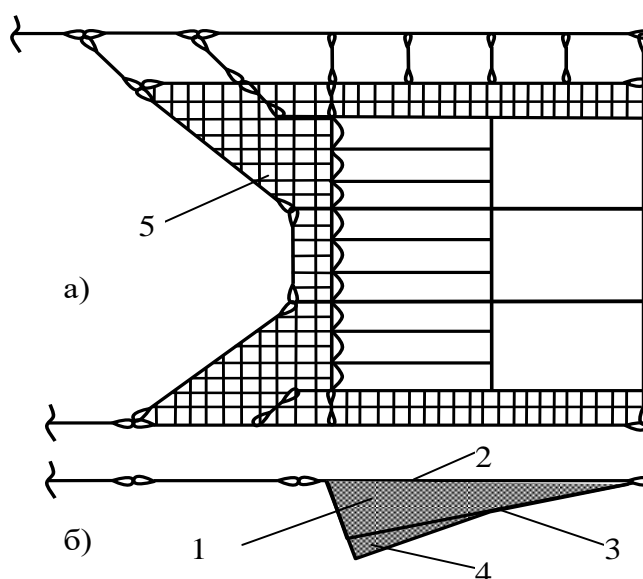
Научные и опытно-конструкторские работы с ГРУ проводились, начиная с 80-х годов прошлого века. На протяжении многих лет созданием таких устройств занималась совместная группа российских и японских ученых. Разработки и исследования этих ученых были представлены в публикациях и отражены в работах [11], [13], [43], [44], [45].

На первых этапах, прорабатывались возможности облова быстро подвижных рыб (тунец) разноглубинными канатными тралами, оснащенными устройствами горизонтального раскрытия и управления, обладающими меньшим гидродинамическим сопротивлением вместо использования траловых досок, которые могли бы работать на малых углах атаки [98], [101]. Это позволило бы увеличить скорость буксировки траловой системы и способствовало бы усовершенствованию техники и тактики траловой системы за счет управления параметрами входного устья трала [45].

В результате ранее проведенных исследований была получена эффективная конструкция ГРУ (рисунок 2.5). Однако в ходе этих исследований не были получены гидродинамические коэффициенты ГРУ, которые позволили бы перейти к проектированию таких конструкций.

Включение ГРУ в траловую систему аналогично траловым доскам, позволяет снять множество проблем при его использовании на разноглубинных канатных тралах: влияние накрутки канатов на работу щитков, запутывание щитков в элементах оснастки, большое горизонтальное раскрытие трала при относительно малом размере щитков [45].

В процессе продувки ГРУ в гидрлотке были выявлены ряд проблем требующих дальнейшего решения описанные в работах Кудакеева В.В. На заглубление мягких оболочек, также, как и на их всплытие огромное влияние оказывает уровень месторасположения ГРУ на оснастке. От уровня возвышения щитков зависит ориентация стрингеров в водном потоке направляющая щиток ближе к поверхности или наоборот углубляющая трал, что происходит вследствие деформации верхнего края щитка, что в свою очередь оказывает влияние на удержание трала в верхних слоях воды.



1 – стрингеры; 2 – внутренняя поверхность;

3 – рабочая поверхность; 4 – диффузоры; 5 – оснастка

Рисунок 2.5 - Общий вид ГРУ: а – вид сбоку; б – вид сверху

ГРУ представляет собой безмоментную мягкую оболочку, что упрощает численное моделирование траловой системы с ГРУ и облегчает ее настройку на промысле.

Угол атаки оболочки задается конструктивно при проектировании гидродинамического устройства ($\alpha \approx \alpha_{ст}$) и в независимости от условий эксплуатации практически не меняется, это показали исследования, проведенные в промысловых условиях, что является характерным для гибких оболочек и связано с условием

$$R_x^{\text{ГРУ}} \rightarrow 0, \quad (2.8)$$

ГРУ характеризуется следующими параметрами: $R_x^{\text{ГРУ}}(\alpha)$, $R_y^{\text{ГРУ}}(\alpha)$ – гидродинамическое сопротивление и распорная сила; $F^{\text{ГРУ}}[S, M]$ – геометрические (S – площадь ГРУ) и массовые (M) параметры устройства [45], [68].

Для раскрытия ГРУ на небольших углах атаки на внешней стороне сделаны диффузоры, работа которых заключается в задании импульса, который достигается за счет уплотнения потока и создания дополнительной распорной силы. В работах (А.Н. Бойцова, 2013; 2016) наиболее эффективным строительным углом ГРУ был определён $\alpha_{\text{ст}} = 21^\circ$ [68], [98]. При взаимодействии распорного устройства с потоком воды не важно, движется ли распорное устройство в неподвижной воде либо неподвижное устройство обтекается водным потоком. Возникающие силы взаимодействия будут одинаковы. Поэтому изучение этих сил можно проводить в аэродинамических трубах, гидродинамических каналах или гидролотках [68]. Проведенные экспериментальные исследования с моделью ГРУ (масштаб 1:10) в гидроканале (В.В. Кудакаев 2010) с соблюдением геометрического и гидродинамического подобия показало, что при $\alpha_p = 20^\circ$ коэффициент качества $K = 10,75$, при $\alpha_p = 25^\circ$ коэффициент качества $K = 6,4$, что в 1,8 раза меньше, коэффициент качества рассчитывается по графику C_x и C_y (рисунок 2.6), как $K = \frac{C_y}{C_x}$.

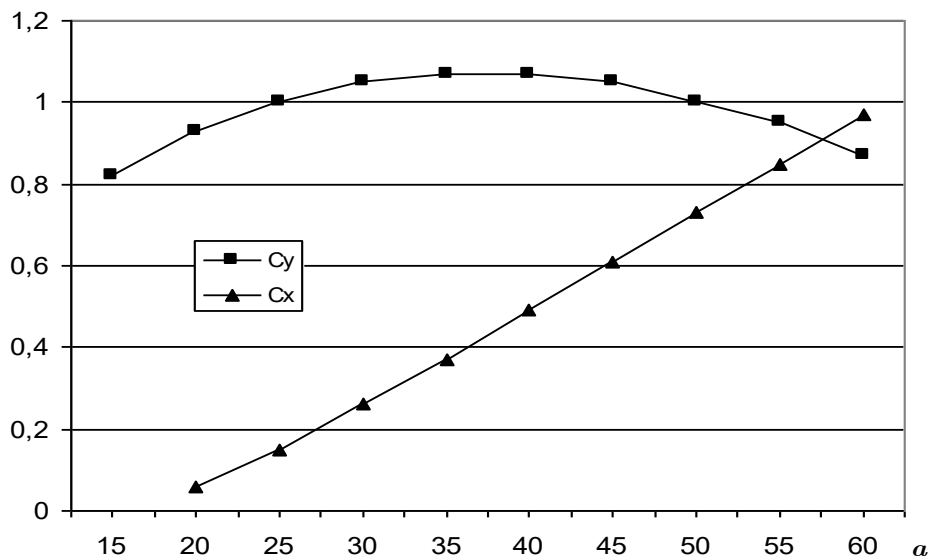
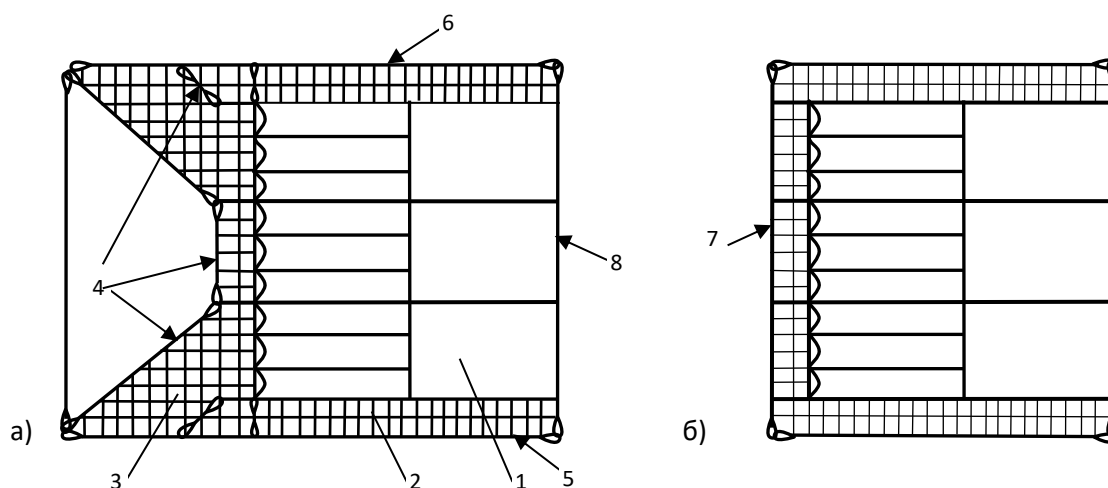


Рисунок 2.6 - Коэффициенты гидродинамических сил ГРУ

Необходимо отметить, что такая большая разница коэффициентов качества при близких углах ($\alpha_p = 20^\circ$ и $\alpha_p = 25^\circ$) объясняет, почему при работе ГРУ в натуральных условиях $\alpha_p = [20 \div 21]^\circ \approx \alpha_{ст}$, что соответствует условию (2.8). Уменьшение рабочего угла α_p до 15° ГРУ приводит к деформации рабочей поверхности и переходе устройства к отрицательным рабочим углам α_p , такое поведение характерно для гибких распорных щитков [45], [68], что показано в работах (М.М. Розенштейн, 2000; 2009).

2.4 Эскизные варианты гидродинамических устройств и их размещения на тралах

В промышленности к траловым системам предъявляются требования связанные со снижением затраты на топлива (снижение сопротивления траловой системы и соответственно снижение энергопотребление и повышение экологической топливной эффективности) высокая управляемость и простое обслуживание. Ранее экспериментальные образцы ГРУ имели много оттяжек и треугольные элементы сетной пластины в передней части ГРУ (рисунок 2.5, 2.7, а).



а) экспериментальный образец; б) промышленный образец.

1 – рабочая поверхность ГРУ; 2 – сетная пластина; 3 – треугольные элементы сетной пластины; 4 – оттяжки; 5 – нижняя подбора; 6 – верхняя подбора;

7 – передняя подбора; 8 – задняя подбора

Рисунок 2.7 – Варианты ГРУ

При серийном производстве гидродинамических распорных устройств в такой конструкции, изготовление данных элементов потребует много времени и значительной точности производства, поскольку в случае нагрузок, происходящих при тралении и выборке трала эти канатные элементы, равномерно не вытягиваются.

Однако, анализ фото ГРУ в гидрлотке (рисунок 2.8), показал, что треугольные элементы сетной пластины и оттяжки изменяют форму в основном под действием потока, а не за счет нагрузок от рабочей поверхности.

Поэтому треугольные элементы сетной пластины и оттяжки можно исключить, образец такого ГРУ показан на рисунке 2.7, б. Это также обусловлено схемой соединения ГРУ с кабелями, которая представляет собой силовой треугольник. При этом кабель верхний и нижний ГРУ выполняются одной длины $l_{ГРУ}^В = l_{ГРУ}^Н = l_{ГРУ}$, это обеспечивает стабильность работы ГРУ (отсутствие прекосов). При этом если кабели короткие, то передняя подбора ГРУ сожмётся, и не будет работать. Поэтому выбор оптимальной длины кабелей ГРУ является важной задачей, ранее длины выбирались экспериментальным путем.

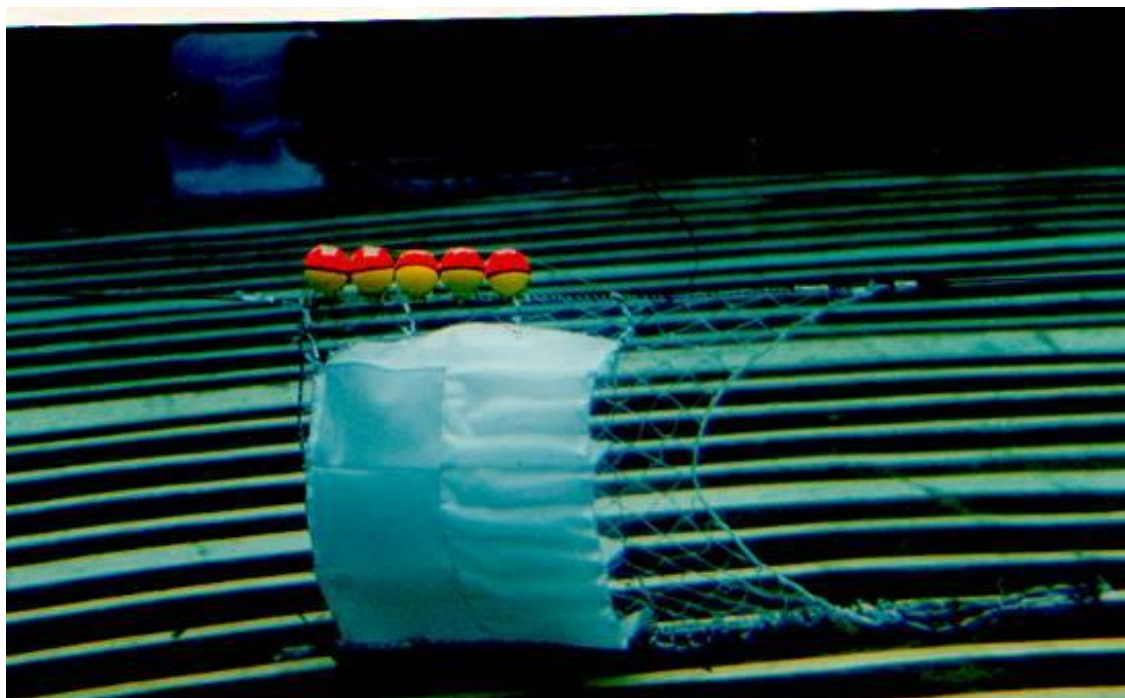
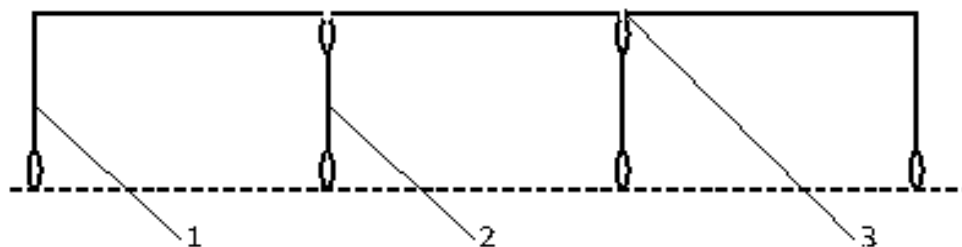


Рисунок 2.8 – ГРУ в бассейне

Как показала практика использования, у ГРУ происходит повышенный износ передней кромки рабочей поверхности и стрингеров. Для решения этой проблемы и снижения износа передней кромки, как наиболее подверженной воздействию потока, предлагается использовать остропку (рисунок 2.9).



1 – канат по периметру поверхности ГРУ и боковых стрингеров с огонами на концах; 2 – канаты внутренних стрингеров с огонами на концах; 3 – соединение огона (2) с (1) бензелем с пробивкой (1)

Рисунок 2.9 – Остропка ГРУ

Таким образом укрепив переднюю кромку, при незначительном увеличении массы ГРУ, можно добиться увеличения срока службы гидродинамических устройств более чем в 2 раза [66].

Следующей важной задачей совершенствования траловой системы является компактное размещение ГРУ на кабельно-сетном барабане, которые имеют ограниченные размеры по длине и высоте. Это в свою очередь накладывает ограничения на размеры ГРУ связанные с удобством наматывания их на кабельно-сетные барабаны, ширина которых на судах типа МРС составляет до 1,5 м, на среднетоннажных до 4 м, а на крупнотоннажных судах они могут быть длиной до 8 м. При этом большие размеры ГРУ также могут создавать неудобства при их работе на палубе, которое связано с большой площадью устройства и, как следствие парусностью. При намотке такого ГРУ на кабельно-сетной барабан не обойтись без повреждений, вызванных заломами и давлением кабелей на устройство, в следствие чего возможно истирание поверхности ГРУ и дальнейшие разрывы в местах заломов [20]. Для решения за-

дачи повреждения гидродинамических устройств в процессе выборки предлагается использование нескольких ГРУ меньшей площади, расположенных последовательно в одном пакете (рисунок 2.10).

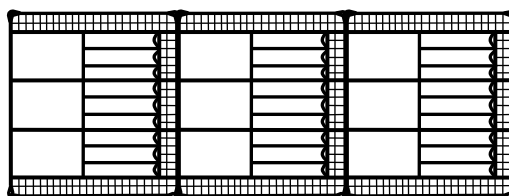


Рисунок 2.10 – Пакет ГРУ соединенных по верхней и нижней подборе

По данным представленным в работе [89] расчет площадей ГРУ (м^2) с учетом раскрытия тралов и распорных сил траловых досок имеет параметрический ряд: 15,21; 12,96; 10,89; 9; 7,29; 6,76; 4,41; 3,24; 2,89. Данный ряд можно разбить на две группы [20], для маломерных судов, это площади до 4,41 м^2 и группа средних и крупных судов это более 4,41 м^2 . Современные маломерные рыболовные суда легко могут использовать ГРУ с соответствующими площадями, однако для судов типа МРС-225 и модернизированных МРС-150 наиболее предпочтительней ГРУ площадью 3,24 м^2 .

Представленные исследования использования гибких распорных устройств по нижней и верхней подборе позволяют предложить использование гибких распорных устройств в качестве оснастки таких подбор при пелагическом тралении, в частности при добыче сардины (иваси) имеющей плотные поверхностные промысловые скопления. Здесь необходимо отметить, что для крупнотоннажных тралов актуально использование оснастки трала с наплавами предложенной фирмой Ничимо [104], [105], а в случае со среднетоннажными тралами использование ГРУ в качестве распорного горизонтального устройства, обеспечивает в отличие от жестких траловых досок успешное и устойчивое движение распорного устройства по поверхности и соответственно движение верхней подборе трала по поверхности.

2.5 Методы расчета эскизных вариантов гидродинамических устройств

В работах [43], [45] приведены результаты экспериментальных и промышленных испытаний гибких распорных устройств (ГРУ) для горизонтального раскрытия траловой системы. Позже в работе [18] были получены результаты гидродинамических характеристик ГРУ и на основе данных промышленных испытаний с выбором конструкции разработан методика выбора соотношений размеров ГРУ (рисунок 2.11) для обеспечения необходимой распорной силы для горизонтального раскрытия траловой системы [29], [65], однако выбор материала, расчет прочностных характеристик ГРУ, оптимизация оснастки не рассмотрены. Все это ограничивает возможности внедрения ГРУ на флоте и не показывает их преимущества перед траловыми досками.

На рисунке 2.11 показана конструкция оболочки ГРУ, которая и создает распорную силу, для расчета нагрузок в оболочке и выбора материала рассмотрим нагрузки, возникающие на ГРУ. Нагрузку, приходящуюся на элемент рабочей поверхности ГРУ, найдем:

$$P = \frac{S}{T}, S = L^2, T^2 = R_x^2 + R_y^2, R_{x,y} = C_{x,y} \frac{\rho v^2}{2} S, \quad (2.9)$$

где S – площадь рабочей поверхности ГРУ; L – линейный размер ГРУ (рисунок 2.11); T – нагрузка на рабочую поверхность ГРУ, R_x, R_y – гидродинамические силы, v – скорость траления; ρ – плотность воды.

При изготовлении ГРУ рабочая поверхность для сохранения формы садится на сетную пластину с рассчитанным шагом ячеей. Основные параметры сетной пластины: a – шаг ячеей; d – диаметр нитки. Для равномерной нагрузки стрингера на сетное полотно, шаг ячеей выбирается из параметрического ряда, изготавливаемых на фабриках сетных полотен, при условии равенства

$$an = 1,1L, \quad (2.11)$$

где n – количество ячеей квадратной ячеей; $1,1L$ – длина основания стрингера (рисунок 2.9).

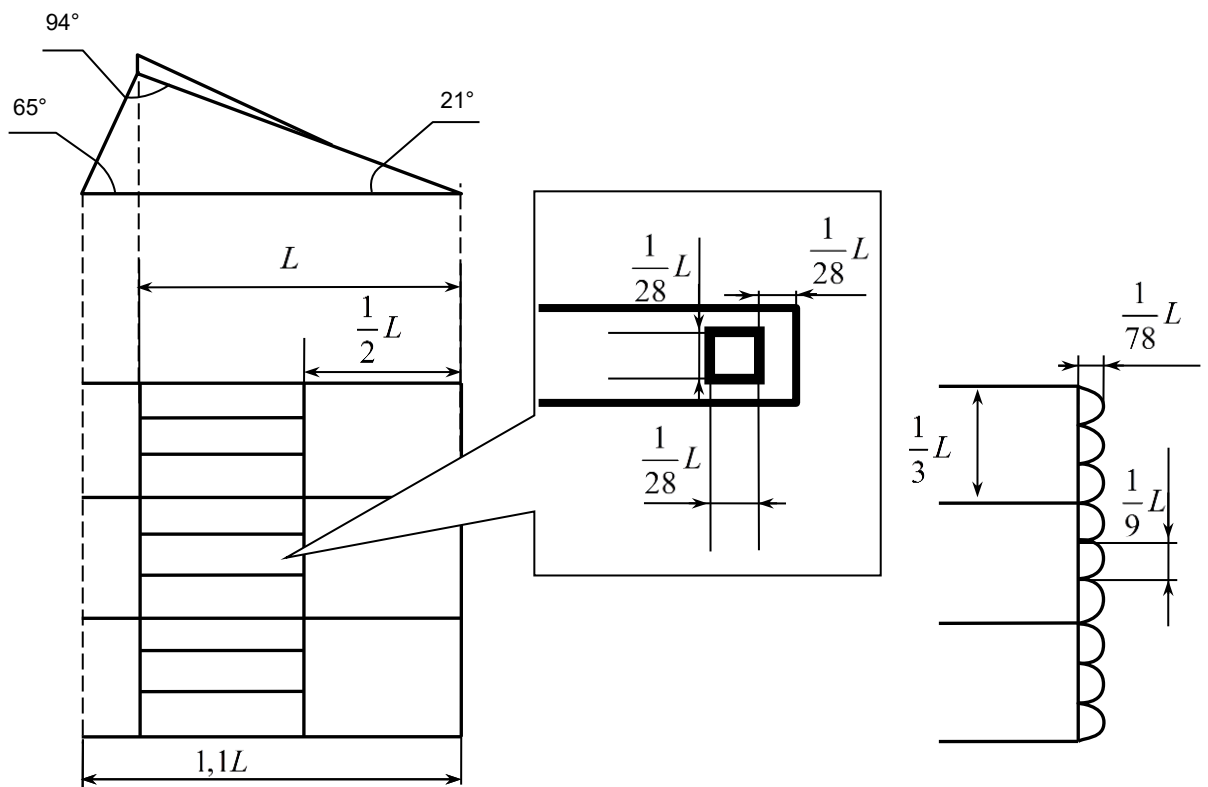


Рисунок 2.11 – Соотношения линейных размеров ГРУ для его производства

На рисунке 2.12 показаны распределение нагрузок на рабочую поверхность и стрингеры, расчет усилия на их соединении находится по формуле

$$Q = P_3/L, \quad (2.10)$$

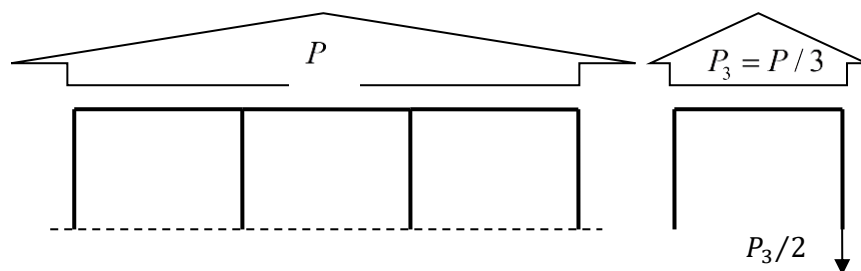


Рисунок 2.12 – Распределения нагрузок на элементы ГРУ

Наибольшая нагрузка на сетное полотно между крайними стрингерами, верхней и нижней подборой. Примем, что эта нагрузка равномерная, тогда

максимальное натяжение на каждую нить ячей T_d с учетом (1 и 3, рис. 2.9) найдем по формуле (рисунок 2.13)

$$T_d = \frac{T}{2n}, \quad (2.12)$$

Из формулы (2.4) видно, что уменьшая шаг ячей a , увеличивается количество ячеек n соответственно снижается нагрузка на каждую нить ячей.

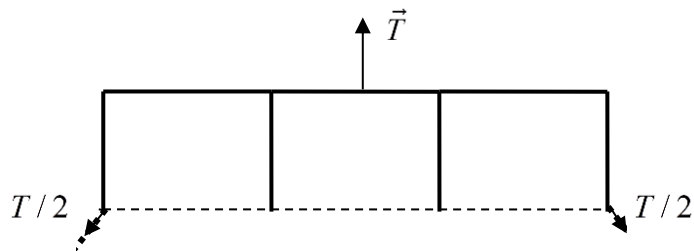
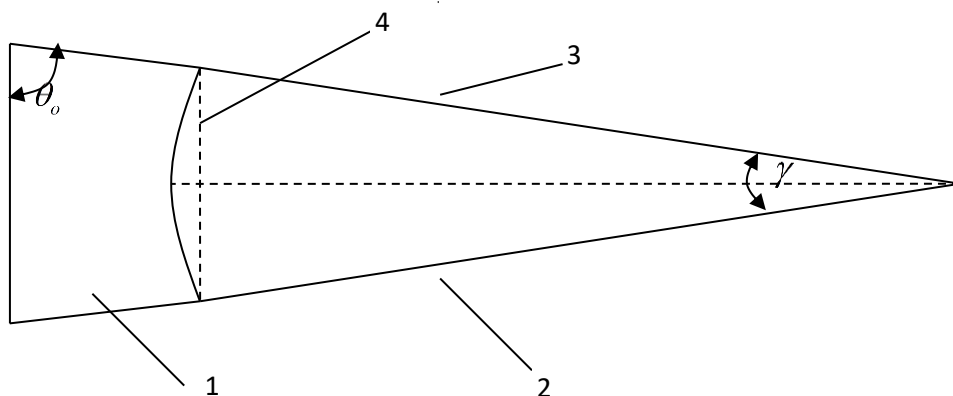


Рисунок 2.13 – Распределение нагрузки на сетное полотно

Максимальное натяжение на нить ячей (2.4) возникает в процессе раскрытия ГРУ при закрытии и раскрытии траловой системы, поэтому значения T_d рассчитывается при максимальных значениях коэффициентов гидродинамических сил [45]. Однако на практике при изготовлении ГРУ необходимо рассчитывать количество ячеек, тогда из (2.4) найдем n

$$n = \frac{T}{2k_3 T_0}, \quad (2.13)$$

где T_0 – разрывное натяжение сетного полотна.



1 – ГРУ; 2 – нижний и 3 верхний кабель ГРУ; 4 – передняя подбора

Рисунок 2.14 – Силовой треугольник ГРУ с кабелями

При этом ГРУ работает устойчиво при разнице конструктивной длины передней подборы к расстоянию фактическому между точками крепления к верхней и нижней подборам не более $\Delta l \leq 5\%$ [69]. Используя формулы трапеции и определения углов равностороннего треугольника (рисунок 2.14), найдем длину кабелей ГРУ по формуле:

$$l_{\text{гру}} = \frac{1,1L}{\Delta l} - 1,1L, \quad (2.14)$$

В случае пакета ГРУ формула (2.13) расчет длины кабелей примет вид

$$l_{\text{гру}} = \frac{1,1Lm}{\Delta l} - 1,1Lm, \quad (2.15)$$

где m – количество ГРУ в пакете.

2.6 Численное моделирование гидродинамических устройств, выбор оптимальных вариантов

Для расчёта конструктивных размеров ГРУ можно использовать две методики. Первая методика позволяет с учётом используемых на промысле траловых досок перейти к использованию ГРУ и основана на методах подбора. Вторая методика базируется на учёте сопротивления траловой оболочки при заданном вертикальном и горизонтальном раскрытиях трала и исходя из этого, определяются параметры ГРУ [69], [101].

Первая методика. При соотношении гидродинамических сил траловой доски и ГРУ значения гидродинамического напора $\frac{\rho v^2}{2}$ траловой доски и ГРУ одинаковы [62], [106], тогда для удобства введём относительные величины гидродинамических сил

$$\bar{R} = C_{x,y,z} S, \quad (2.16)$$

Введём следующие ограничения при решении задачи:

$$\bar{R}_y^{\text{ГРУ}}(\alpha) \geq \bar{R}_y^B(\alpha_{\text{опт}}), \quad (2.17)$$

$$\bar{R}_x^{\text{ГРУ}}(\alpha) \leq \bar{R}_x^B(\alpha_{\text{опт}}), \quad (2.18)$$

$$S_{\text{пр}}^{\text{ГРУ}} \geq S_{\text{п}}^{\text{ГРУ}}, \quad (2.19)$$

где \bar{R}_y^B, \bar{R}_x^B – относительные гидродинамические силы траловой доски при оптимальном угле атаки $\alpha_{\text{опт}}$; $S_{\text{пр}}^{\text{ГРУ}}, S_{\text{р}}^{\text{ГРУ}}$ – проектная и расчетная площадь ГРУ равна:

$$S_{\text{р}}^{\text{ГРУ}} = \frac{\bar{R}_y^B}{C_y^{\text{ГРУ}}}, \quad (2.20)$$

где $C_y^{\text{ГРУ}}$ – коэффициент распорной силы ГРУ при угле атаки щитка $\alpha \approx 0$.

Оснастка ГРУ выполняется из дели с квадратной ячейей, где шаг ячейи имеет соотношение

$$a = \frac{1}{30} L. \quad (2.21)$$

Алгоритм расчёта. Введем множество досок $B = \{c_x, c_y, \{s\}\}$, где c_x, c_y – гидродинамические характеристики; s – площади досок, при $\alpha_{\text{опт}}$ и делей $D = \{a, d\}$, где a – шаг ячейи; d – диаметр нити дели [64].

1. Выбираем траловую доску из множества B и рассчитываем \bar{R}_y^B, \bar{R}_x^B ;
2. Находим расчётную площадь ГРУ $S_{\text{р}}^{\text{ГРУ}}$;
3. Находим линейный размер L и выбирая из множества D проектный шаг ячейи

$$a_{\text{п}} = \{a\} \geq a, \quad (2.22)$$

Уточняем линейный размер L

$$L = 30a_{\text{п}}. \quad (2.23)$$

4. Находим $S_{\text{пр}}^{\text{ГРУ}}$

$$S_{\text{пр}}^{\text{ГРУ}} = L^2, \quad (2.24)$$

на основе соотношения линейных размеров (рис. 2.11) находим характеристики ГРУ.

В таблице 2.1 приведены значения R_y и R_x для ГРУ в соотношении максимального значения для R_y и минимального значения R_x разных типов траловых досок. На рисунке 2.15 представлены расчетные значения площадей ГРУ найденные по первой методике, основанной на характеристиках различных типов траловых досок и их площадей, которые производятся в России.

Таблица 2.1 - Рекомендованные ГРУ для разных типов судов

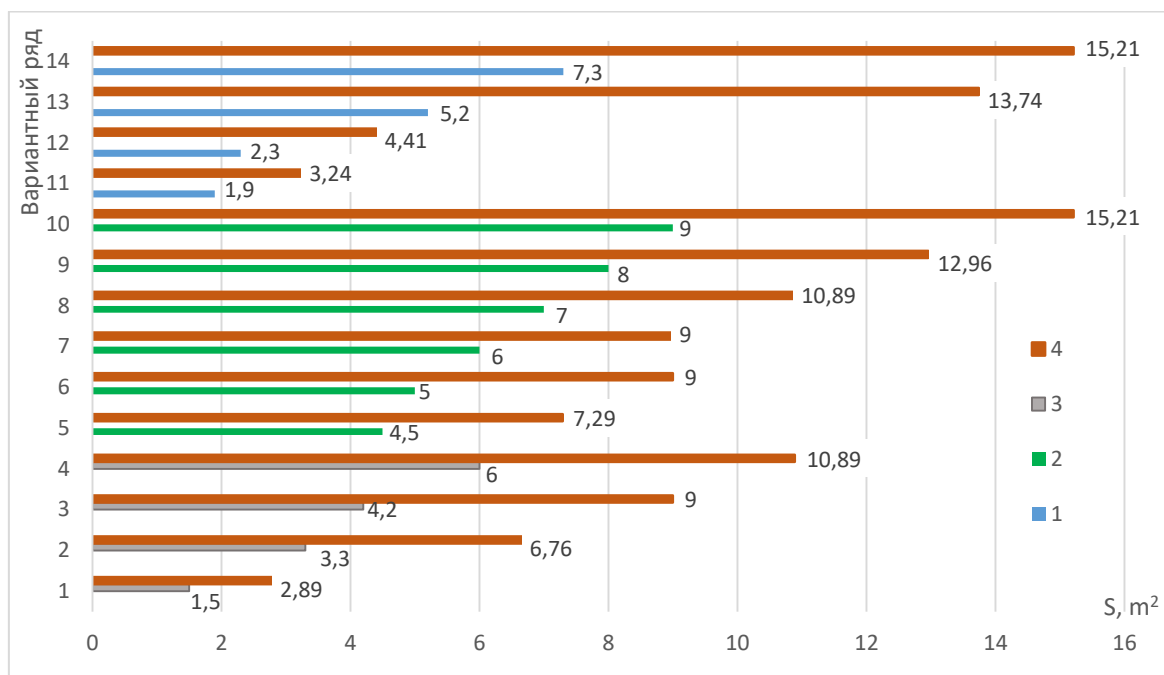
Тип судна	$S_{пр}^{ГРУ}$, м ²	L, м	R_y , %	R_x , %
МРС-150, МРС-225	3,24	1,8	120,6	21,6
РС-300, РС-450	7,29	2,7	123,4	22,1
СТР-420, СТР-530	9,61	3,1	106,8	38,4
БМРТ, РТМС, СТМ	13,69	3,7	111,3	12,8
БАТМ	16	4	118,5	13,3

Таким образом при замене прямоугольных цилиндрических траловых досок на ГРУ сопротивление распорного устройства площадью 13,69 м² для БМРТ, РТМС составит 1,75% от силы сопротивления всей траловой системы. Сопротивление гибкого распорного устройства площадью 16,0 м² рекомендуемого для БАТМ составит 2,13% от силы сопротивления всей траловой системы. Расчеты для новейших пелагических траловых досок Тьюборон использующих принцип открывающихся створок, доказавших свою эффективность на промысле ставриды и скумбрии, сопоставимы с полученными данными для традиционных прямоугольных цилиндрических траловых досок. В таблице 2.2 представлены данные соответствия траловых досок Thyboron тип 14 VF предлагаемым гибким распорным устройствам.

Таблица 2.2 - Характеристики траловых досок и ГРУ

Траловая доска тип 14 VF			ГРУ	
$S_{ис}^Д$, м ²	Масса, кг	R_x	$S_{пр}^{ГРУ}$, м ²	R_x
9,0	2732	9,36	23,2	1,39
9,5	2885	9,88	24,4	1,46
10,0	3042	10,4	25,7	1,54
10,5	3187	10,92	27,0	1,62
11,0	3340	11,44	28,3	1,70
11,5	3491	11,96	29,6	1,78
12,0	3643	12,48	30,8	1,85

Следовательно, замена траловых досок на ГРУ позволит значительно снизить коэффициент сопротивления распорного устройства и всей траловой системы в целом.



1 – овално-цилиндрическая доска; 2 – прямоугольно-цилиндрическая доска;
3 – круглая сферическая доска; 4 – ГРУ

Рисунок 2.15 - Расчетные варианты площадей ГРУ в сравнении с типами траловых досок и их площадями

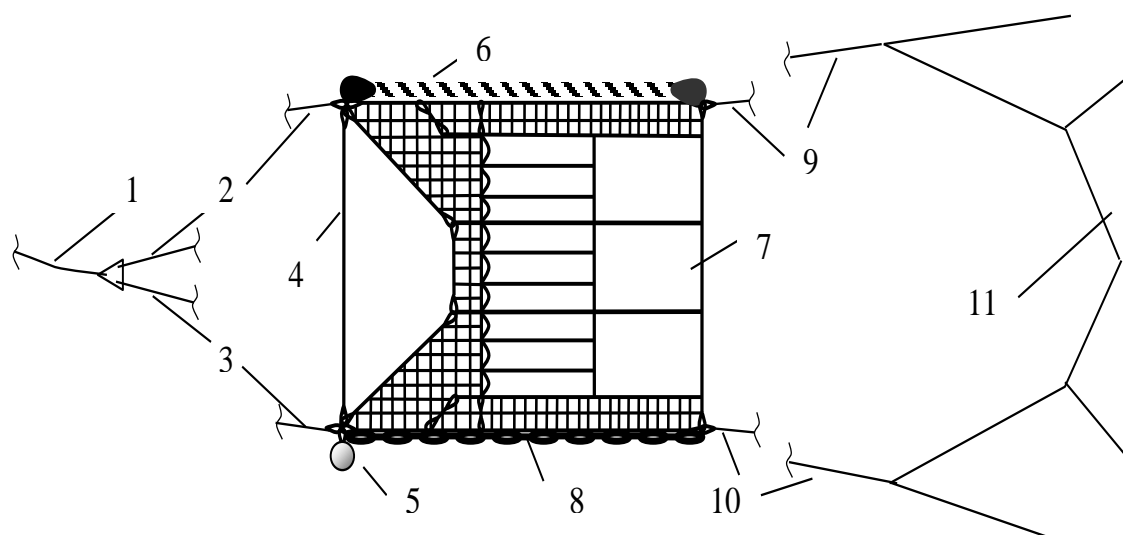
Вторая методика. Поскольку ГРУ является частью траловой системы, в настоящее время существуют следующие работы [11], [43], [110] позволяющие найти агрегатное сопротивление трала, которое запишем как T^A , тогда расчетная площадь ГРУ $S_p^{ГРУ}$ находится по формуле:

$$S_p^{ГРУ} = \frac{T^A \sin \alpha_T}{2C_y^{ГРУ}}, \quad (2.25)$$

где $C_y^{ГРУ}$ – коэффициент распорной силы ГРУ при рабочем угле атаки щитка $C_y^{ГРУ}$; α_T – угол атаки сетной оболочки, определяемый исходя из данных представленных в работах [19], [45].

Тогда расчет проектных характеристик ГРУ, находим начиная с 3 пункта предыдущей методики [19].

Следующей задачей для широкого использования ГРУ на промысле является создание траловой системы по схеме, когда ГРУ, как и доски находятся на значительном расстоянии от траловой оболочки. Такая схема позволяет использовать унифицированную конструкцию ГРУ, как сейчас траловую доску и подключать к различным конструкциям траловых оболочек [13]. На рисунке 2.16 показана схема оснастки ГРУ, отличие которой от предыдущих вариантов [68] заключается в креплении грузов углубителей непосредственно к самой ГРУ, данная схема была испытана в морских условиях 2018-2019 годов на прибрежном промысле в Балтийском море и показала свою высокую эффективность.



1 - ваер; 2, 3 - верхний и нижний кабели ГРУ; 4 - рамный кабель; 5 - груз углубитель; 6 - оснастка верхней части ГРУ выполненной из каната большого диаметра с положительной плавучестью; 7 ГРУ; 8 - оснастка нижней части ГРУ, выполненной в виде стальной цепи; 9, 10 - верхний, нижний кабели; 11 - траловая оболочка

Рисунок 2.16 - Схема оснастки траловой системы для работы с унифицированной ГРУ [19]

В таблице 2.3 приведены проектные площади ГРУ, рассчитанные по второй методике для производимых в России типов тралов.

Таблица 2.3 – Площади ГРУ для следующих типов тралов

№	Типы тралов	Проектные раскрытия тралов		ГРУ, м ²
		горизонтальное, м	вертикальное, м	
1	149/786	90	60	15,21
2	113/480	80	70	26,01
3	118/620	70	60	15,21
4	130/810	70	65	15,21
5	108/450	60	50	12,96
6	54.4/192	35	35	4,41
7	80/396	45	40	10,89
8	119/450	40	40	10,89

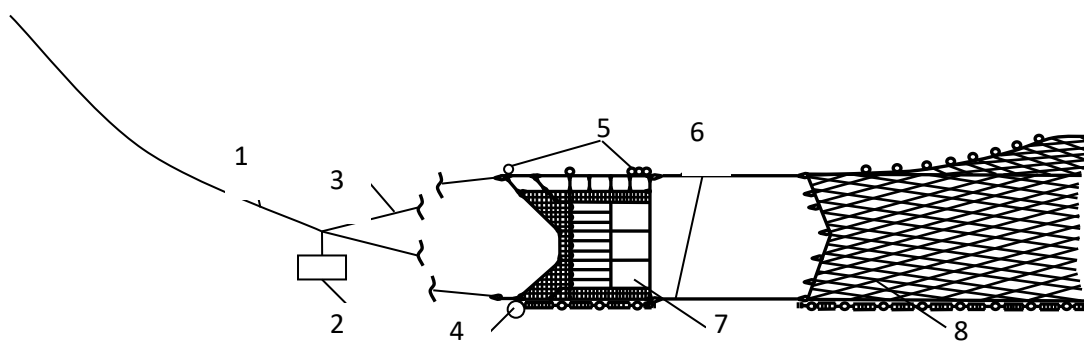
На основе предложенных методик и промысловых схем работники фабрики орудий рыболовства рассчитали, и изготовители ГРУ с проектной площадью $S_{\text{пр}}^{\text{ГРУ}} = 2,3 \text{ м}^2$, которая в настоящее время используют на промысле. Сравнение с имеющимися траловыми досками, при тех же параметрах раскрытия траловой системы, использование ГРУ позволило увеличить скорость траления на 1 узел, значительно уменьшить время выборки траловой системы (за счёт исключения операции по отключению траловых досок) и увеличить уловы на 10-15% [69].

Исследование данных представленных в работах [18], [45], [107] показало, что основная задача верхней и нижней подборы обеспечить вертикальное положение ГРУ в начальный период при постановке трала.

На рисунке 2.17 показана традиционная траловая система с ГРУ. Как показывает практика, использование большой загрузки трала повышает износ ГРУ, использование кухтылей на верхней подборе ограничивает использование на больших глубинах и увеличивает зацепы при наматывании траловой системы на сетной барабан.

Поэтому кухтыли на верхней подборе можно заменить толстым канатом с положительной плавучестью диаметром от Ø60 мм. Соответственно такая

система без зацепов будет наматываться и сматываться с кабельно-сетных барабанов без повреждения ГРУ при постановке и выборке траловой системы. Экспериментальное гидродинамическое устройство было изготовлено работниками фабрики орудий рыболовства на основе первой и второй методики с проектной площадью $S_{\text{пр}}^{\text{ГРУ}}=2,3 \text{ м}^2$.



1 – ваер; 2 – груз углубитель; 3 – кабели ГРУ; 4 – груз; 5 – наплава;
6 – кабели; 7 – ГРУ; 8 – трал

Рисунок 2.17 – Традиционная схема траловой системы с ГРУ

Еще одним вариантом снижения износа гидродинамических устройств является применение для их постройки современных материалов на основе ПВХ [25] из которых изготавливают износостойкие тенты. ПВХ – это прорезиненный тентовый материал, состоящий из синтетической основы и двухсторонним ПВХ нанесением, бывает разной плотности 500 -1100 г./м². Качественный и прочный тент ПВХ изготавливают из синтетического материала высокого качества. Его специально обрабатывают при помощи полимерного состава, для улучшения его характеристик, что позволяет улучшить прочность и износостойчивость тента ПВХ и его сопротивляемость негативному механическому воздействию. Тент не деформируется под прямыми солнечными лучами. Материал можно использовать при различных температурных режимах в различных промысловых районах.

Для расчета ГРУ возьмём максимальные значения коэффициентов сил сопротивления и распорной силы по ранее произведенным расчетам [96]: $C_x = 0,85$; $C_y = 0,96$.

Используя формулу (2.8) построим диаграмму изменения давления воды на рабочую поверхность ГРУ в зависимости от скорости траления, приведенную к разрывным характеристикам материалов, из которых изготавливаются ПВХ тенты (Н/см), рисунок 2.18.

Таким образом, если использовать современные тенты из ПВХ, которые имеют разрывную прочность Н/5см 650 – 920 и прочность при разрезе 95 – 200 Н/5см, то при максимальной скорости траления 6 узл. нагрузка на элемент рабочей поверхности составляет 0,205 Н/см², распределённое усилие при соединениях стрингеров и рабочей поверхности для площади ГРУ 24 м² составляет 16,7 Н/см, что в несколько раз меньше разрывной прочности тента из ПВХ. Это позволяет использовать тенты из ПВХ для пошива ГРУ, а диаграммы (рисунок 2.18, 2.19) позволяют подобрать любой материал для пошива ГРУ, при учёте коэффициента запаса, который для орудий рыболовства рекомендован $k_3 = 4$ [32].

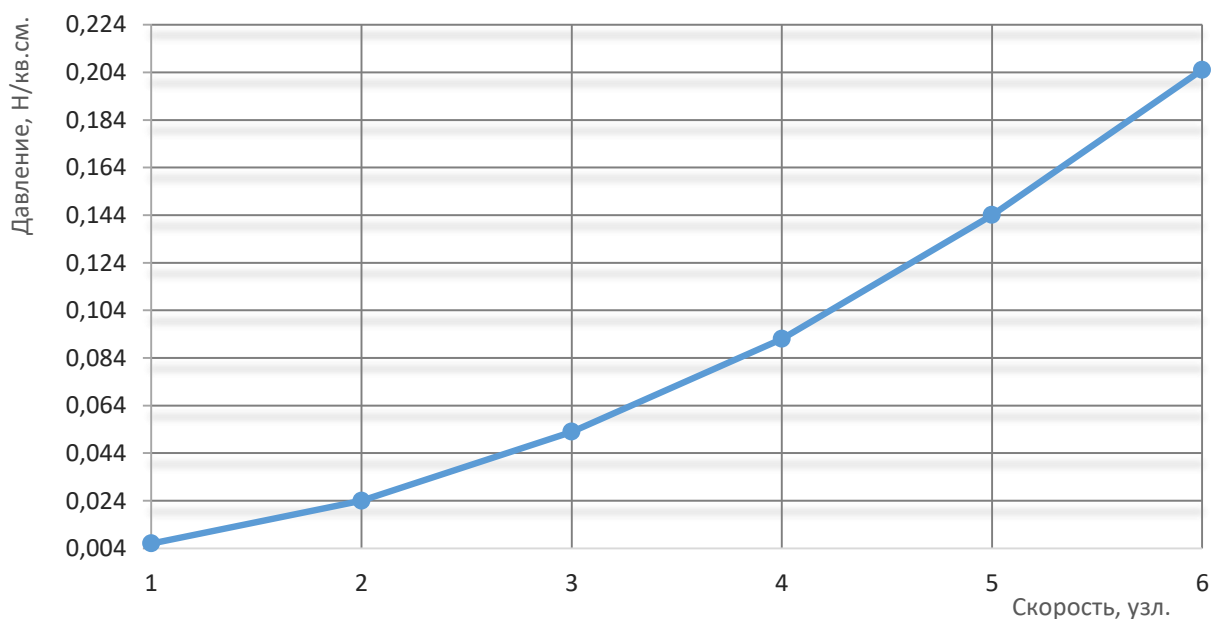


Рисунок 2.18 – Изменение изменения давления на рабочую поверхность ГРУ от скорости траления

Для оснастки ГРУ используется сетное полотно и канатные элементы. Для эффективной работы оболочки ГРУ необходимо, чтобы оснастка удлинялась пропорционально с оболочкой, однако в случае с применением ПВХ тен-тов, это можно не учитывать, поскольку удлинения ПВХ совпадает с исполь-зуемыми сетными полотнами и канатными связями.

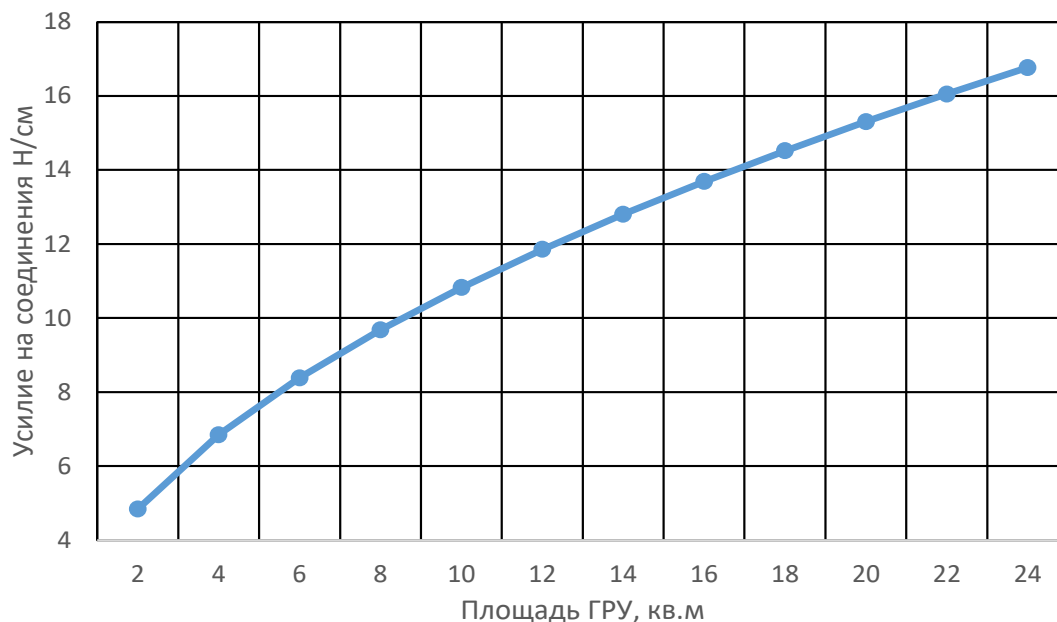


Рисунок 2.19 – Распределенное усилие при соединениях стрингеров с рабочей поверхностью ГРУ



Рисунок 2.20 – Наматывание ГРУ на кабельно-сетной барабан

Таблица 2.4 – Пакеты ГРУ

Общая площадь ГРУ, м ²	Пакет ГРУ		
	Площадь ГРУ, м ²	Количество	Длина кабелей, м
7,29; 6,76	3,24	2	76
10,89; 9	4,84	2	92
15,21; 12,96	4,84	3	138

В процессе выборки трала происходит стягивание кабелей ГРУ при наматывании их на сетной барабан. За счет этого ГРУ складывается пополам и меньше подвергается износу (рисунок 2.20), поэтому с учетом данных представленных в работах Бойцова А.Н., Осипова Е.В. [17], [18] и соотношений рассчитанных площадей ГРУ, в качестве наиболее приемлемых предлагаются следующие собранные пакеты ГРУ (таблица 2.4).

Полученные в результате исследования данные и формулы для расчета длины кабелей ГРУ как для одного ГРУ, так и пакета ГРУ, позволяют спроектировать и изготовить износостойкие, минимально подверженные механическому износу, распорные гидродинамические устройства, собранные в пакеты ГРУ в зависимости от их площади и создающими необходимую распорную силу для открытия трала, что в свою очередь позволяет решать задачи проектирования ГРУ и его производства в полном объеме.

Предложенная конструкция оснастки ГРУ верхней подборы на конце крыла верхней подборы, повышает эффективность поверхностного траления дальневосточной сардины (иваси).

2.7 Выводы по главе 2

Анализ объемов добычи показал, что основные объемы вылова, обеспечившие устойчивую тенденцию их увеличения в исследуемом периоде, были

получены от работы крупнотоннажных добывающих судов, являющихся промысловыми судами с законченным производственным циклом, использующими технологии тралового промысла. В анализируемом периоде вылов производился по трем основным технологиям добычи, таким как – траловый лов, кошельковый лов и лов близнецовым тралом.

1) Наиболее используемым орудием промысла является трал. Существующие траловые комплексы позволяют достаточно успешно облавливать скопления дальневосточной сардины (иваси), но не решают проблему деформирования тела сардины в следствии смятия в процессе выборки тралового мешка на палубу.

2) Использование траловых систем с гибкими распорными устройствами (ГРУ) позволяет при тех же параметрах раскрытия траловой системы, что и с традиционными траловыми досками, увеличить скорость траления на 1 узел, значительно уменьшить время выборки траловой системы за счет исключения операций по отключению траловых досок.

3) Определены наиболее адекватные методики для расчета ГРУ. Зная гидродинамические характеристики и площадь любой траловой доски, можно используя методику расчета, определить конструкционные параметры ГРУ сопоставимые с характеристиками траловой доски. Взяв за основу вторую методику расчета можно определить проектные параметры ГРУ исходя из агрегатного сопротивления траловой системы. Представленные методики достаточно адекватны, что подтверждается результатами расчетов сопоставимыми в обеих методиках.

4) Обоснована и разработана методика расчета элементов ГРУ (в т.ч. определение нити сетного полотна, материала для рабочей поверхности ГРУ и стрингеров). Оптимизирована конструкция ГРУ с учетом процессов их эксплуатации на промысле дальневосточной сардины (иваси).

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАЛОВЫХ СИСТЕМ С ГРУ ДЛЯ ПРОМЫСЛА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ (ИВАСИ)

3.1 Разработка методики управления траловой системы с ГРУ

Разработка автоматизированных систем тралового лова должна базироваться на выводах и рекомендациях, представленных в виде алгоритмов обработки промыслово-навигационной информации и алгоритмов наведения устья трала на ядро подвижного косяка в трехмерном пространстве [60].

Процесс лова подвижных косяков пелагических рыб разноглубинным тралом можно разделить на следующие этапы: обнаружение, распознавание, выделение условного центра плотности и установление промысловой значимости косяка, определение глубины погружения, направления и скорости горизонтального перемещения косяка [80], [113]; наведение трала на глубину погружения косяка с учетом инерционных качеств трала и обеспечение устойчивости его движения на этой глубине с оптимальным раскрытием; вывод судна на рекомендованный курс траления, расчет времени следования этим курсом и курсового угла на трал на момент его встречи с ядром подвижного косяка с учетом динамики системы «судно – распорное устройство – трал» и воздействия внешних факторов; корректировка глубины погружения трала или курса траления по информации от установленных на трале приборов контроля параметров трала [61], [62], [103].

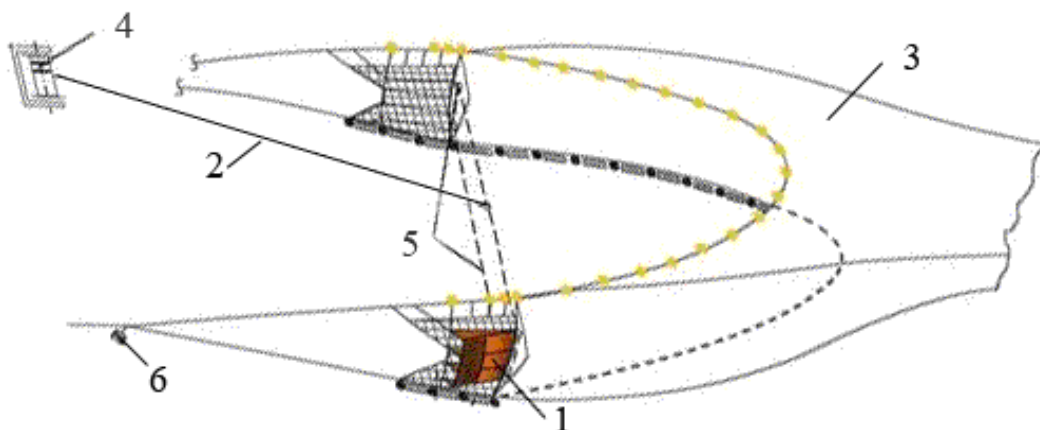
Актуальность решения такой задачи управления возникает на Дальнем Востоке при облове скоплений сардины (иваси), которые могут чередоваться по движению курса судна с косяками скумбрии, находясь друг от друга на расстояниях 80-100 м и более (рисунки 1.9, 1.10). При этом практика рыболовства показывает, что в случаях, когда траловая оболочка закрыта и проходит через скопления гидробионтов, то эти объекты не попадают в трал.

Основной задачей управления раскрытием и закрытием оболочки трала является перевод ГРУ в неустойчивое состояние для закрытия оболочки, а при снятие этого управляющего воздействия возвращение ГРУ в равновесное состояние и раскрытие оболочки трала.

Проведённые исследования гидродинамических характеристик ГРУ [18] показали, что критический угол атаки составляет

$$\alpha^K \geq 55^\circ, \quad (3.1)$$

На рисунке 3.1 показана схема управления ГРУ, которая применялась на практике при проведении натуральных экспериментов, где использовался трал РТ54.4/192, который буксировался со скоростью 3,5 узл. и был оснащён ГРУ площадью 4,2 м² [17].



1 – ГРУ; 2 – кабель лебёдки управляющего воздействия; 3 – трал;
4 – лебёдка управляющего воздействия; 5 – замкнутый кабель для перевода
ГРУ в неустойчивое состояние; 6 - груза углубители

Рисунок 3.1 - Схема управления ГРУ

Перевод ГРУ в неустойчивое состояние осуществлялся за счет включения лебедки 4 на выборку кабеля 2, который соединяется с замкнутым кабелем 5 в верхней его части, проходящий через кольца, закрепленные в задней части каждого ГРУ 1, когда угол атаки ГРУ выходит за критические значения - оболочка трала 3 закрывается. Раскрытие трала 3 осуществлялось за счет включения лебедки 4 на травление кабеля 2, при этом нагрузка с замкнутого кабеля 5

снималась и ГРУ 1 устойчиво возвращается к до критическим углам атаки и раскрывает оболочку трала 3.

В дальнейшем схема установки ГРУ на крыле трала использовалась на небольших судах прибрежного промысла в Японии, но широкого развития на промысле со средне и крупнотоннажных судов не получила [89]. Одной из причин этого явилось отсутствие методики проектирования и теоретического описания процессов работы ГРУ. Начиная с 2009 года в ФГБОУ ВО Дальрыбвтуз возобновились работы по разработке методики проектирования ГРУ. Анализ всех предыдущих экспериментальных работ показал:

– ГРУ представляет собой безмоментную мягкую оболочку, что упрощает численное моделирование траловой системы с ГРУ и облегчает ее настройку на промысле;

– угол атаки оболочки ($\alpha \approx \alpha_{ст}$) определяется при постройке, исследования проводимые на моделях и на практике показало, что этот угол остается постоянным для промысловых условий [16], и определяется безмоментностью оболочки и физикой процесса. Ранее в работе (В.В. Кудакаев, 2016) определено что наиболее эффективным строительным углом ГРУ является $\alpha_{ст} = 21^\circ$. Уменьшение рабочего угла ГРУ α_p до 16° приводило к деформации рабочей поверхности и переходе устройства к отрицательным углам α_p , такое поведение характерно для гибких щитков, что показано в работах Розенштейна М.М. [77], [78].

Для раскрытия ГРУ на небольших углах атаки на внешней стороне щитка сделаны диффузоры, работа которых заключается в задании импульса, который достигается за счет уплотнения потока и создания дополнительной распорной силы.

Решение задачи управления траловой системой на промысле связано с задачами закрытия траловой оболочки и ее раскрытием, и связанной с этой траекторией движения судна при выводе трала на скопление гидробионтов.

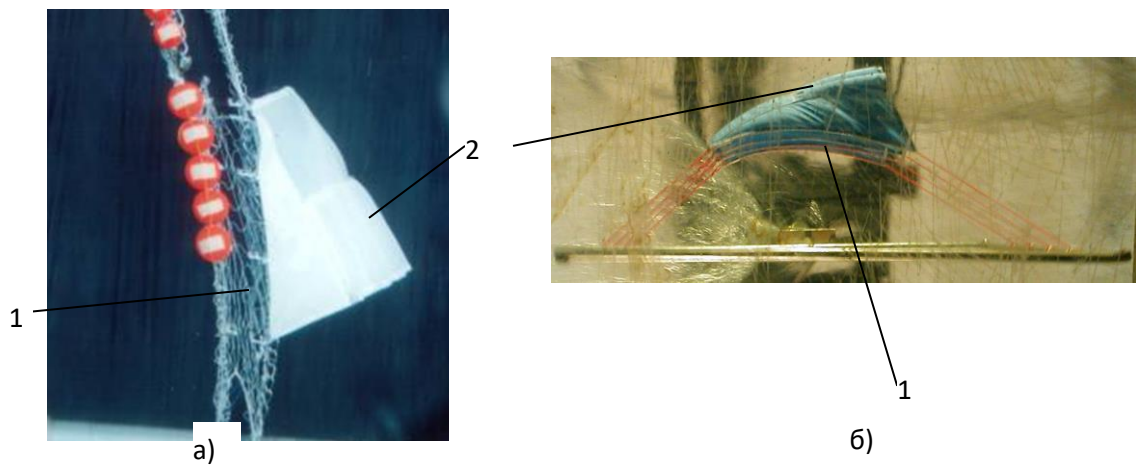
Для задачи проектирования системы управления раскрытием трала рассмотрим методику ее расчета, которая заключается в расчете необходимого

управляющего воздействия (усилия) в элементе управления, также рассмотрим силовую схему управления ГРУ (рисунок 3.3) [17], где расчет характеристик ГРУ найдем по формуле:

$$R_x^{ГРУ} = C_x \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot S^{ГРУ}; R_y^{ГРУ} = C_y \cdot \frac{\rho v^2}{2} \cdot S^{ГРУ}, \quad (3.3)$$

$$(T^{ГРУ})^2 = (R_x^{ГРУ})^2 + (R_y^{ГРУ})^2; tg\alpha^{ГРУ} = \frac{-R_y^{ГРУ}}{R_x^{ГРУ}}, \quad (3.4)$$

где $R_x^{ГРУ}$ – гидродинамическое сопротивление; $R_y^{ГРУ}$ – гидродинамическая распорная сила; $T^{ГРУ}$ - натяжение ГРУ; $\alpha^{ГРУ}$ - угол $T^{ГРУ}$.



а – при работе в траловой системе; б – модель в лотке:
1 – внутренняя поверхность; 2 – рабочая поверхность

Рисунок 3.2 - Формы ГРУ

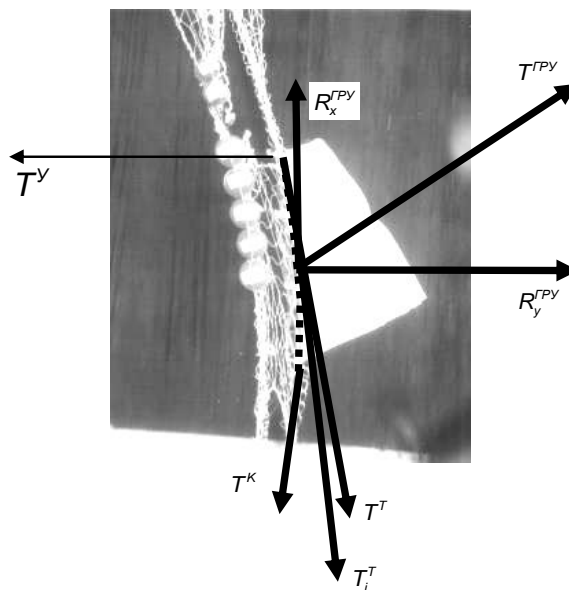


Рисунок 3.3 - Характеристики силовой схемы управления ГРУ

Расчет ГРУ по формулам (3.4) для силовой схемы управления ею рассчитывается при оптимальном угле атаки ГРУ $\alpha_p = 20^0$ [17].

Расчет управляющего воздействия T^y находим по формулам:

$$tg\alpha_i^T = \frac{T^T \sin\alpha^T - T^y}{T^T \cos\alpha^T}; T_i^T = \frac{T^T \cos\alpha^T}{\cos\alpha_i^T}, \quad (3.5)$$

где T_i^T – натяжение трала при воздействии T^y ; α_i^T – угол вектора T_i^T .

В данном случае для системы (3.5) необходимо задать управляющее воздействие T^y и тогда можно найти расчетный критический угол атаки α^K по формуле:

$$tg\alpha^K = \frac{T_i^T \sin\alpha_i^T + T^{ГРУ} \sin\alpha^{ГРУ}}{T^{ГРУ} \cos\alpha^{ГРУ} + T_i^T \cos\alpha_i^T}, \quad (3.6)$$

Значения T^y изменяются до выполнения условия (3.1), т.е. $\alpha^K \geq 55^0$.

При проведении экспериментов с тралом РТ54.4/192, управляющее натяжение T^y составляло 550 Н [13], [19]. Расчетное значение по предложенной в работе методике составляет 539 Н, и представляет отклонение в 2% от экспериментального значения.

Решение задачи управления траловой системой на промысле связана с задачами закрытия траловой оболочки и ее раскрытием, и связанной с этой траекторией движения судна при выводе трала на скопление гидробионтов [17].

Параметры управляющего воздействия при закрытии трала (рисунок 3.4) находятся по формулам:

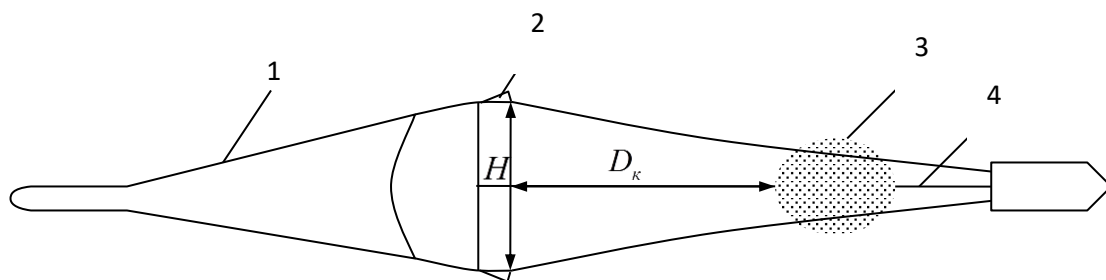
$$L_y = \frac{H}{2}; t_y = L_y v_l, \quad (3.7)$$

где L_y – длина каната которого необходимо выбрать; H – расстояние между двумя ГРУ; t_y – время, за которое траловая оболочка закроется; v_l – скорость выборки лебедки при натяжении T^y .

За время t_y траловая система пройдет расстояние

$$L_{т.с.} = v_{т.с.} t_y, \quad (3.8)$$

где $v_{т.с.}$ – скорость траловой системы.



1 – траловая оболочка; 2 – ГРУ; 3 – скопление гидробионтов; 4 – кабель
 лебедки управляющего воздействия

Рисунок 3.4 – Параметры траловой системы с управляемой ГРУ

Для расчета управляющего воздействия при встрече с косяком сардины выбирается дистанция D_k от ГРУ до соответствующего скопления рыб, тогда необходимо выполнять условие:

$$L_{т.с.} < D_k, \quad (3.9)$$

Изменяемые параметры в системе управления являются скорость выбора лебедки v_l и скорость траловой системы $v_{т.с.}$, поскольку изменение скорости траловой системы связано с затратами топлива при последующим наборе скорости судна [16], [75], то сначала необходимо выполнить условие $v_l(T^y) \rightarrow \max$ при выполнении условия (3.10), если это условие не выполняется [16], то производится уменьшение скорости траловой системы $v_{т.с.}$ до

$$v_{т.с.} = \frac{D_k - 1}{t_y}, \quad (3.10)$$

Расчет системы при раскрытии ГРУ производится по формулам (3.8-3.9), с учетом условия (3.9) только если $v_l \approx v_{т.с.}$, поэтому управление в случае раскрытия траловой оболочки возможно осуществлять только скоростью самой траловой системы. При этом выполнения условия (3.9) будет достаточно даже при не полном достижении раскрытия траловой оболочки, тогда в результате не полного раскрытия траловой оболочки будет обловлена только часть косяка [16], [69].

Расчетные нагрузки, возникающие на управляющей лебедке для разных типов тралов при разной скорости траления приведены на рисунке 3.5 и таблице 3.1.

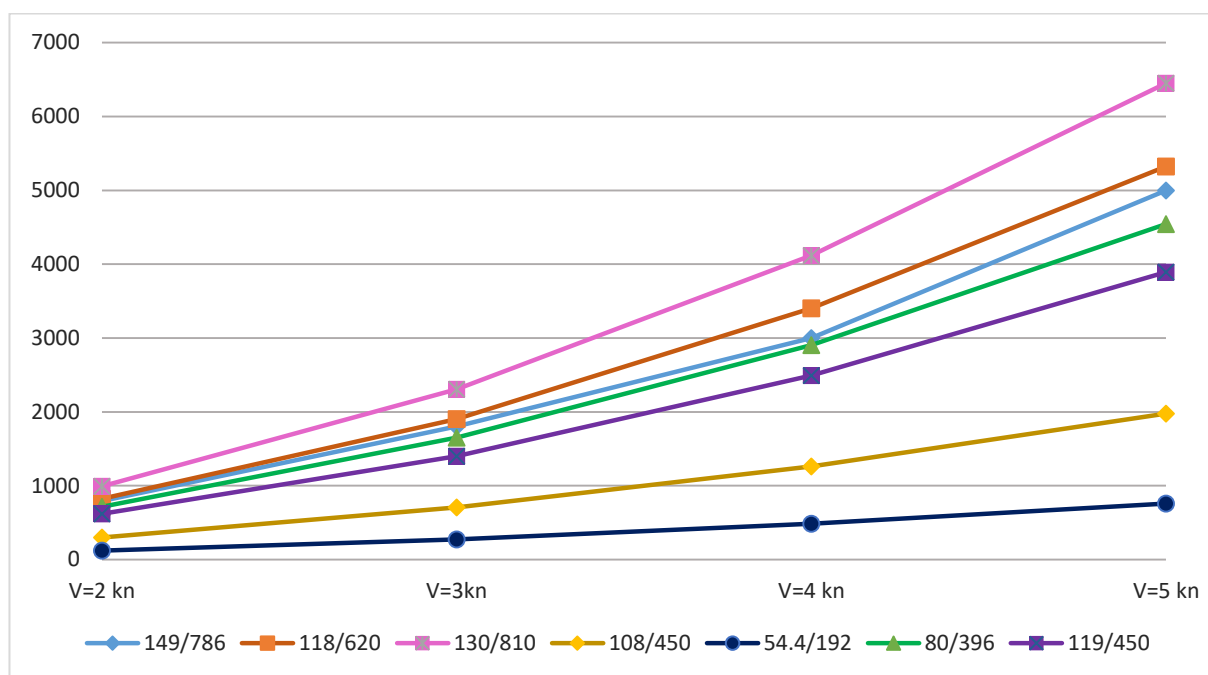


Рисунок 3.5 – Расчетные нагрузки на управляющей лебедке для различных типов тралов при разной скорости траления

Таблица 3.1 – Расчетные нагрузки на управляющей лебедке

Тип трала	Скорость траления			
	V=2 kn	V=3kn	V=4 kn	V=5 kn
149/786	795 N	1805 N	3000 N	5000 N
118/620	825 N	1905 N	3402 N	5325 N
130/810	995 N	2305 N	4120 N	6450 N
108/450	300 N	705 N	1260 N	1975 N
54,4/192	120 N	275 N	485 N	757 N
80/396	717 N	1650 N	2905 N	4543 N
119/450	620 N	1400 N	2495 N	3895 N

Таким образом данная методика является элементом совершенствования тралового промысла позволяющая осуществлять дифференцированный облов промысловых скоплений дальневосточной сардины (иваси) или скумбрии, что в свою очередь позволяет минимизировать процессы и время сортировки улова на судне.

3.2 Методы расчета процесса постановки и выборки трала с минимальным применением ручного труда при процессах постановки и выборки трала на существующих судах

Задачи постановки и выборки тралов в отечественном рыболовстве рассматривались для определения параметров промысловых механизмов. Однако с вводом в строй новых добывающих судов, многие промысловые схемы были переделаны, и работа механизмов использовалась исходя из их возможностей. В 90-ых годах прошлого века многие рыболовные суда кардинально переделывались, менялись их промысловые схемы и механизмы. Все это изменялось исходя из практики промысла и практически не было описано в научной литературе. При этом в существующих на сегодняшний день работах промысловые механизмы моделировались на максимальные режимы, где траловые системы находятся в рабочем состоянии и имеют большое сопротивление [79], [108], а расчет сопротивления системы при подходе к борту судна не рассматривается.

Для расчета траловой системы с ГРУ рассмотрим траловую кабельную систему (рисунок 3.6), которая в модели определяется натяжениями кабелей \vec{T}_k^B, \vec{T}_k^H (верхнего и нижнего соответственно) их равноденственными T_k^{BP}, T_k^{HP} и всех четырех \vec{T}_k и их длинами l_k^B, l_k^H . Характеристики трала определяются вертикальным и горизонтальным раскрытием (B_y, H_y) , длиной трала без мешка и крыльев L_m (мотня), длиной крыла l_{kp} и голых концов l_{TK} [71]. Для ГРУ: h_B – разность горизонтов хода верхней подборы трала и ГРУ; $h_H = H_y - h_B$ – $h_{ГРУ}$; $h_{ГРУ}$ – высота ГРУ.

Угол θ между \vec{T}_k и горизонтом находится по формуле:

$$tg\theta = (R_z^T + Q_z^T)/|R_x^T|, \quad (3.12)$$

где R_x^T, R_z^T – проекции гидродинамических сил трала; Q_z^T – вес трала в воде, а натяжение \vec{T}_k найдем по формуле:

$$T_k = R_x^T / \cos\theta, \quad (3.13)$$

В первом приближении угол между ДП трала и сетной оболочкой $\alpha_N^6 \approx \nu_B \approx \nu_H \approx \nu$ находится по формуле:

$$\sin \alpha_N^6 = (B_y - D_M) / 2L_M, \quad (3.14)$$

где D_M – диаметр сечения мешка трала.

Соотношения углов $\nu_B, \nu_H, \theta_B, \theta_H$ имеет вид

$$\operatorname{tg} \nu_H = \operatorname{tg} \nu_B \cos \theta_H / \cos \theta_B, \quad (3.15)$$

где углы θ_B, θ_H между горизонтами и плоскостями верхних/нижних кабелей определяются из соотношений:

$$\sin \theta_B = h_B / (l_{kp} + l_{ГК} + l_k^B) \cos \nu_B, \quad (3.16)$$

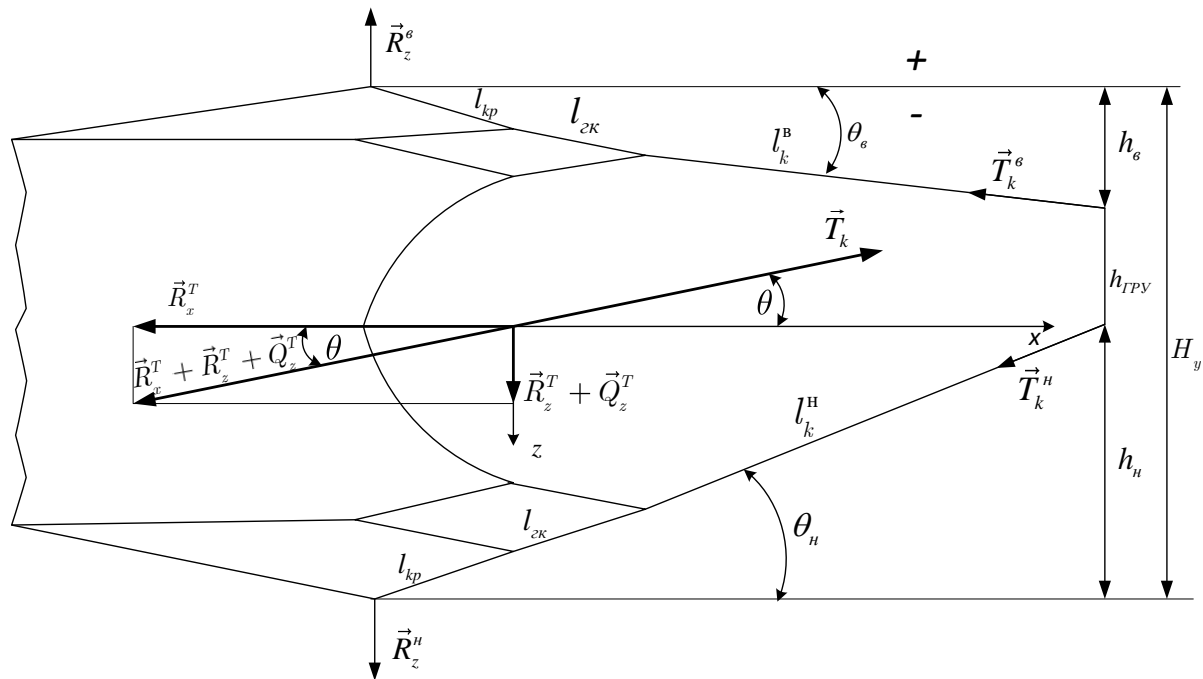
$$\sin \theta_H = h_H / (l_{kp} + l_{ГК} + l_k^H) \cos \nu_H, \quad (3.17)$$

На практике устойчивое движение траловой системы обеспечивается при условии $h_B = (0; -15 \text{ м})$.

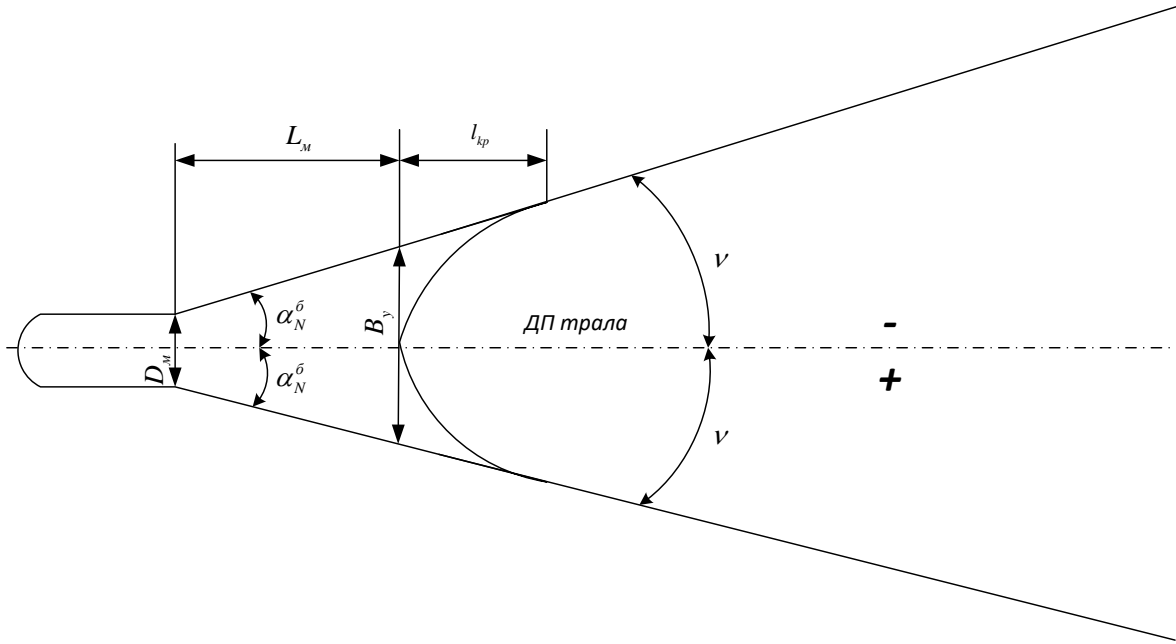
Регулировка кабельной системы осуществляется изменением длины нижних кабелей, у которых с верхними кабелями есть соотношение:

$$l_H = l_B \cos \nu_B \cos \theta_B / (\cos \nu_H \cos \theta_H), \quad (3.18)$$

а)



б)



а – вид сбоку; б – вид сверху

Рисунок 3.6 – Кабельная система с ГРУ

Для регулировки длин нижних кабелей одна их часть делается постоянной длины, а другая часть выполняется из цепи $l_{рц}$, длину которой находим из соотношения:

$$l_{рц} = l_H - l_B = l_B \left(\frac{\cos v_B \cos \theta_B}{\cos v_H \cos \theta_H} - 1 \right), \quad (3.19)$$

Натяжения верхнего и нижнего кабелей находим по формулам:

$$T_k^B = \frac{T_k \sin(\theta_H - \theta)}{2 \cos v_B \sin(\theta_H - \theta_B)}; \quad T_k^H = \frac{T_k \sin(\theta - \theta_B)}{2 \cos v_H \sin(\theta_H - \theta_B)}, \quad (3.20)$$

Кабели траля подсоединяются к ГРУ, а к самому ГРУ подсоединяются кабели ГРУ, которые в точке А подсоединяются к ваеру (рисунок 3.7, а), силовая схема показана на рисунке 3.7, б. Отсюда необходимо найти натяжение на боковую подбору ГРУ - $T_{ГРУ}^б$, которое находится по формуле:

$$T_{ГРУ}^б = T_{ГРУ}^B + T_{ГРУ}^H, \quad (3.21)$$

Тогда натяжения верхнего и нижнего кабелей будут:

$$T_{ГРУ}^B = T_k^B \sin \theta_B; \quad T_{ГРУ}^H = T_k^H \sin \theta_H, \quad (3.22)$$

Выбор каната для использования в виде боковой подборы определяется условием (3.22) с коэффициентом запаса 4 [20].

Схема соединения непосредственно ГРУ с кабелями ГРУ представляет собой силовой треугольник, представленный на рисунке 3.7, б. Для того, чтобы ГРУ не перекосило при раскрытии траловой системы, кабели выполняются одной длины $l_{ГРУ}^B = l_{ГРУ}^H = l_{ГРУ}$. При разной длине кабелей нижней и верхней подбор работа траловой системы будет не стабильна. Если кабели короткие, то передняя подбора ГРУ сожмется под действием сопротивления воды и не будет работать, поэтому предлагаемый расчет всей траловой системы позволяет выбрать минимальную длину кабелей, обеспечивающих условие стабильности работы гибкого распорного устройства (ГРУ).

Эффективность работы любого устройства, работающего на гидродинамическом принципе, зависит от его положения в потоке [53], [82], [83]. В связи с этим необходимо обосновать объективный критерий оценки гидродинамической эффективности профилей с различными геометрическими параметрами [36]. Фактически ГРУ находится в силовом треугольнике (рисунок 3.7) и передает усилия на верхнюю и нижнюю подборы трала, которые представляют собой гибкие нити, которые во время эксплуатации могут деформироваться. Это приводит к потере прочности соединений и повышенному износу соединяемых элементов.

Оптимальные значения натяжения нити определяются на основе дифференциальных уравнений [30], [69], равновесия которых имеют вид (рисунок 3.8):

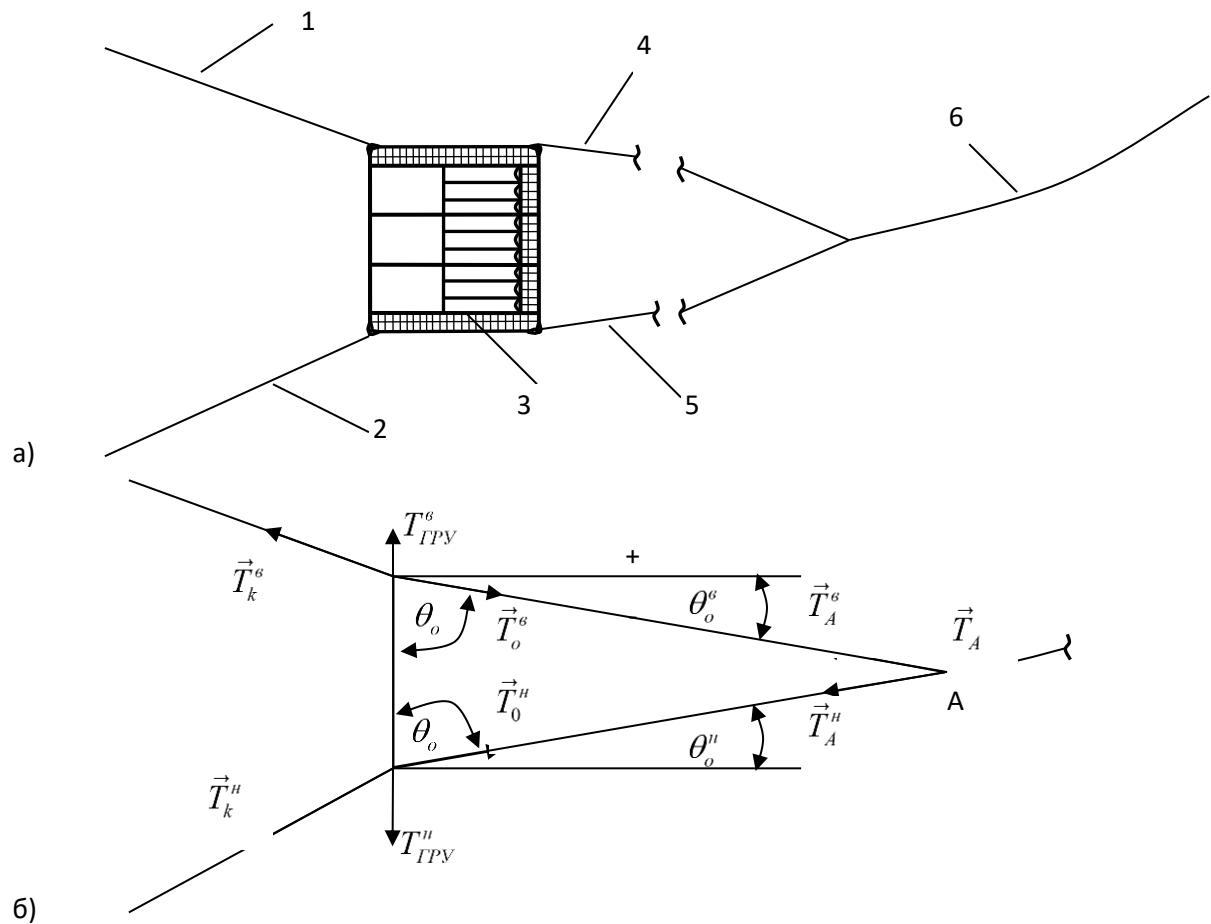
$$T = q_z \sin \alpha \cos \varphi - r_{xV} \cos \alpha + r_{zV} \sin \alpha, \quad (3.23)$$

$$\alpha = \frac{(q_z \cos \alpha \cos \varphi + r_{xV} \sin \alpha + r_{zV} \cos \alpha)}{T}, \quad (3.24)$$

$$\varphi = \frac{-(q_z \sin \varphi + r_{yV})}{(T \sin \alpha)}, \quad (3.25)$$

где α , φ - угол атаки нити и ее крена плоскости потока; r_{xV} , r_{yV} , r_{zV} - проекции гидродинамической силы, приходящиеся на 1 м нити на оси поточной системы координат; q_z - вес в воде 1 м нити; x , y , z - координаты текущей

точки нити; T – натяжение в текущей точки нити. При следующих значениях:
 $x = \cos\alpha$, $y = \sin\alpha\sin\varphi$, $z = -\sin\alpha\cos\varphi$.



1, 2 – кабель верхний и нижний; 3 – ГРУ; 4, 5 – кабель верхний ГРУ и нижний; 6 – ваер

Рисунок 3.7 – Схема соединения траловой системы с ГРУ

Если рассматривать расчетные силы R_x, R_y, R_z ГРУ распределенными на верхнюю и нижнюю подборы и приходящимися на один метр длины подборы (1,1L) ГРУ, то получается уравнение:

$$r_{xV} = 0,5 \frac{R_x}{1,1L}, (x, y, z), \quad (3.26)$$

Вес в воде 1 метра q_z каждой подборы рассчитывается отдельно, что связано с разной оснасткой верхней и нижней подборы.

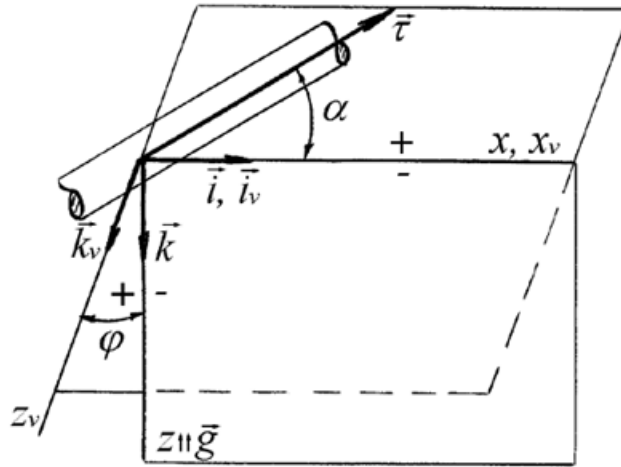


Рисунок 3.8 – Углы α и φ , задающие ориентацию нити

Начальное натяжение двух кабелей в силовом треугольнике (рисунок 3.7, б) находится по формуле:

$$T_0 = T_k^B \cos v_B \cos \theta_B + T_k^H \cos v_H \cos \theta_H, \quad (3.27)$$

Углы θ_0^B, θ_0^H (рисунок 3.4) найдем по формуле:

$$\cos \theta_0 = \frac{L_{ГРУ}^B}{2L_{ГРУ}}; \theta_0^B = \theta_0^H = \frac{\pi}{2} - \theta_0, \quad (3.28)$$

где $L_{ГРУ}^B$ - длина боковой подборы ГРУ.

Начальный угол v_Δ между силовым треугольником и диаметральной плоскостью траля в первом приближении [31], [33], [61] $v_B \approx v_H \approx v_\Delta$, тогда углы α и φ для верхней и нижней подборы ГРУ найдем по формулам:

$$\cos \alpha_0^B = \cos v_\Delta \cos \theta_B; \operatorname{tg} \varphi_0^B = \operatorname{tg} v_\Delta / \sin \theta_B, \quad (3.29)$$

$$\cos \alpha_0^H = \cos v_\Delta \cos \theta_H; \operatorname{tg} \varphi_0^H = \operatorname{tg} v_\Delta / \sin \theta_H, \quad (3.30)$$

После расчета ГРУ производится расчет кабелей ГРУ. Начальные значения для расчета ваера в точки А находим по формулам:

$$\operatorname{tg} \varphi_1^0 = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \sin \varphi_i}{\sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \cos \varphi_i}, \quad (3.31)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1^0 = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \sin \alpha_i \cos \varphi_i}{\cos \varphi_1^0 \sum_{i=1}^n T_i \cos \alpha_i}, \quad (3.32)$$

$$T_1^0 \cos \alpha_1^0 = \sum_{i=1}^n T_i \cos \alpha_i, \quad (3.33)$$

где i – ый входной канат; n – количество входных канатов.

Таким образом проведена оптимизация конструкции ГРУ с учетом процессов их эксплуатации и теоретического обоснования этих процессов, позволяющая обеспечить снижение сопротивления гидродинамической оснастки трала в воде.

3.3 Разработка автоматической промысловой схемы тралового лова с ГРУ

Автоматизация процессов разноглубинного тралового лова и автоматизированное наведение орудия лова на косяк рыбы на основе использования промыслово-навигационных комплексов позволяют повысить эффективность добычи рыбы и сократить расходы на эксплуатацию добывающего флота за счет сокращения проловов. Автоматизация процессов, помимо создания алгоритмов лова, предусматривает определение характеристик навигационной и промысловой информации, данные эхограмм, а также перспективных направлений автоматизации процессов прицельного лова [61], [81]. Некоторые из этих вопросов рассмотрены в ряде работ (Ольховский, 1980; Бойцов, 1989; Карпенко, 1990; Мельников, 2019).

Производственный цикл технологии тралового промысла включает в себя следующие промысловые операции: подготовку трала к постановке, постановку трала, траление, выборку трала, выливку улова.

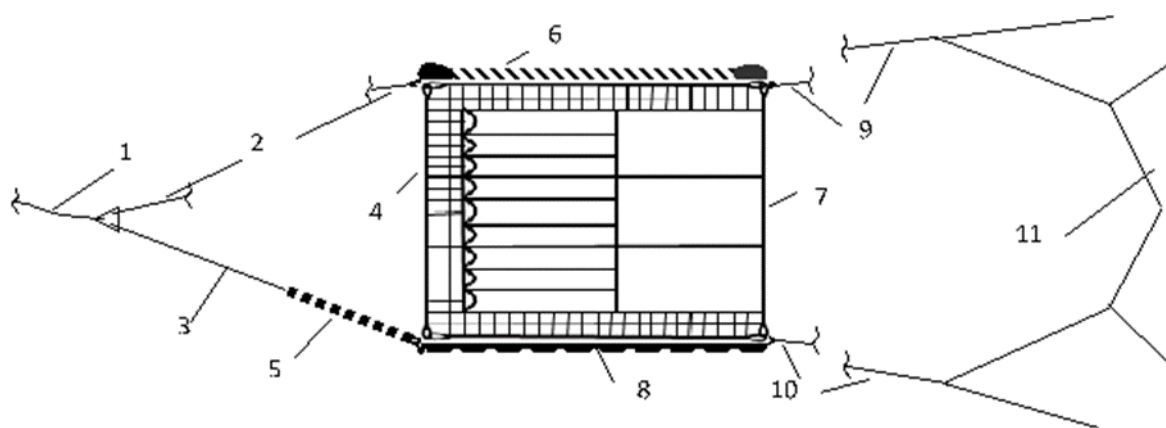
Продолжительность и количество промысловых операций, обеспечивающих спуск и подъем трала, включая все сопровождающие эти процессы операции, в том числе и выливку рыбы, обуславливаются промысловой схемой и промысловыми устройствами добывающего судна – техническими характеристиками промыслового оборудования, степенью его совершенства и его размещением на судне [19], [23].

Траловые системы с ГРУ позволили значительно упростить и обезопасить для экипажей судов промысловые операции, однако дальнейшая автоматизация этих процессов требует изменения промысловых схем и механизмов [19].

В настоящее время при работе с ГРУ требуется участие оператора:

- при снятии/заправки ваеров в ваерные блоки;
- при подключении/отключении ваеров и вытяжных концов кабельно-сетевого барабана;
- при подключении/отключении грузов углубителей.

Задача подключения/отключения грузов углубителей может быть связана с конструкцией орудий рыболовства, при этом, как правило, судно ведёт траловый промысел на одних объектах, которые обитают в заданном диапазоне глубин, для них определяется заданная масса грузов углубителей. Таким образом в течение всего промысла масса грузов углубителей может быть постоянной или несколько раз меняется. Следовательно, в процессе промысла массу грузов углубителей можно включить в траловую систему, на рисунке 3.9 показана такая схема, где груза углубители выполнены в виде отрезков цепи, которые подсоединяются к нижнему краю ГРУ и к концу нижнего кабеля ГРУ [19], [20].



1 - ваер; 2, 3 - верхний и нижний кабели ГРУ; 4 – передняя подбора; 5 - груз углубитель в виде цепи; 6 - оснастка верхней части ГРУ выполненной из каната большого диаметра с положительной плавучестью; 7 - ГРУ; 8 - оснастка нижней части ГРУ, выполненной в виде стальной цепи; 9, 10 - верхний, нижний кабели; 11 - траловая оболочка

Рисунок 3.9 - Схема оснастки траловой системы для работы с унифицированной ГРУ

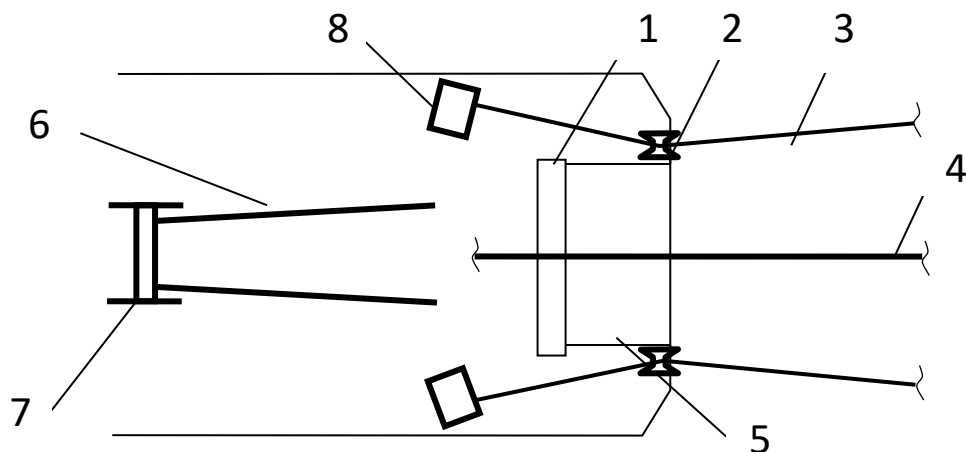
Такая система позволяет исключить процесс подсоединения и отсоединения грузов углубителей на палубе с участием членов палубной команды. Тогда при выборке траловой системы не требуется отсоединения ГРУ от трала. В дальнейшем такая система целиком наматывается на кабельно-сетной барабан, а длины нижнего кабеля рассчитываются с учетом массы цепи и ее длины (условия 3.17, 3.18) [19]. Это позволяет сократить продолжительность каждого полного производственного цикла, практически полностью исключить возможность разрывов и зацепления элементов траловой системы, а также практически полностью убрать факторы возникновения производственного травматизма судовой команды.

На основании изложенного определяем предложенную схему траловой системы для работы с унифицированным ГРУ в качестве наиболее предпочтительной для использования в современных условиях промысла, а описанную конструкцию унифицированного ГРУ - оптимальной конструкцией, выбор параметров которой осуществляется в реальных условиях промысла в зависимости от типа судна, типов его промыслового устройства, промысловых схем и механизмов, в т.ч. от размеров кабельно-сетных барабана [24]. При этом, при выборе параметров ГРУ предлагается использовать данные таблицы 2.2.

Эскизный вариант траловой системы с минимальным применением ручного труда при процессах постановки и выборки трала на существующих судах представлен на рисунке 3.9. Для работы на существующих судах с кабельно-сетными барабанами, которыми оснащаются и суда старой постройки, типа СТР и БМРТ, предлагается использовать промысловую схему для работы с ГРУ показанную на рисунке 3.10.

На сегодняшний день практически все рыболовные суда-траулера оснащены слипом на корме, поэтому при использовании гибких распорных устройств ваерные блоки целесообразно размещать в конце слипа по его краям, что обеспечит удобство их использования при автоматизации процесса постановки/выборки трала. На всех судах-траулерах ваерный блок находится на достаточной высоте от рабочей палубы и на значительной высоте от воды,

что обусловлено удобством подключения и отключения траловых досок. Следовательно, если у нас используется ГРУ, то ваерные блоки можно расположить в удобном для заводки ваера месте [20].



1 - слиповый рол; 2 - ваерные блоки с откидывающейся щекой;
 3 - ваер; 4 - управляющий трос; 5 – слип; 6 – вытяжные кабели канатно-сетного барабана 7; 8 – ваерные лебедки

Рисунок 3.10 – Схема промышленная для работы с ГРУ

В данном случае кабеля ГРУ, ГРУ и кабеля трала и сам трал наматываются на канатно-сетной барабан 7.

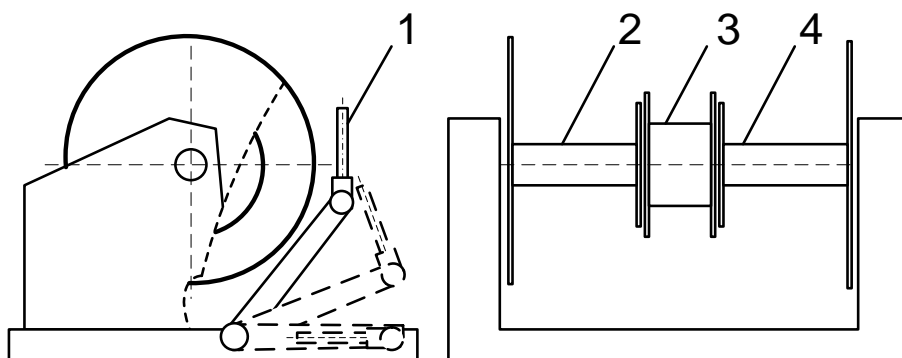
При постановке трала, до кабелей ГРУ стравливают через слиповый рол и слип за борт. При выходе вытяжных канатов соединенных с кабелями ГРУ процесс травления останавливают и подсоединяют концы ваеров заведенных через ваерные блоки 2 к кабелям ГРУ, снимают нагрузку с вытяжных кабелей и отсоединяют их. Далее судно дает ход, и траловая система сходит за борт.

При распоре траловой системы за счет раскрытия трала, ваера сами подойдут к этим краям слипа и их зафиксируют в ваерных блоках (рисунок 3.10).

При выборке трала, когда подходят кабеля ГРУ к ваерному блоку, выборка траловой системы стопорят, и судно доводит скорость до 0 узлов. К соединению ваеров и кабелей ГРУ подсоединяют вытяжные кабели. Затем сни-

мают нагрузку на ваера, отсоединяют их от кабелей ГРУ, открывают щеку ваерного блока и скидывают вытяжные концы в слип и начинают наматывать: кабеля ГРУ, непосредственно сами ГРУ, кабеля трала и трал [19].

Задача по подключению/отключению ваеров и вытяжных концов кабельно-сетного барабана может быть решена за счет использования специальной комбинированной лебедки схема которой представлена на рисунке 3.11.



1 - канатоукладчик; 2 - правый ваерный барабан; 3 - барабан лебедки управления; 4 - левый ваерный барабан

Рисунок 3.11 – Траловая комбинированная лебедка

Лебедка имеет убирающийся канатоукладчик, три барабана: два для ваеров и один барабан лебедки управления. Лебедка работает следующим образом: при заводе ваеров устанавливается канатоукладчик, при подходе кабелей ГРУ канатоукладчики убираются, барабаны заклиниваются и работают как один большой барабан [19].

При постановке трал сматывается с барабана, и при подходе ваеров устанавливается канатоукладчик подстраиваясь индивидуально под каждый ваер и канат управляющей лебедки, затем барабаны расклиниваются и осуществляется индивидуальное управление ими.

Таким образом, предложенная автоматизированная промысловая схема и входящая в неё комбинированная лебедка позволит осуществлять постановку и выборку траловой системы с ГРУ с минимальным участием экипажа.

На среднетоннажных и малотоннажных судах это позволит значительно снизить количество экипажа, а на крупных судах часть экипажа будет задействована при вытяжке мешка на палубу.

3.4 Снижение повреждаемости улова при траловом промысле

Биологические особенности дальневосточной сардины (иваси) таковы, что ее нежное по консистенции тело не выдерживает больших давлений в мешке тралов. Это особенно сказывается при подъеме тралового мешка с уловом на палубу через слип. Учитывая, что сардина имеет нежную структуру тела, очевидно, что для сохранения качества сырца необходимы другие способы передачи рыбы из орудия лова на судно [44]. В отечественном рыболовстве промысловой схемы для выливки рыбы с минимальным травмированием не существует, а их разработка требует больших экономических и временных затрат. Этот недостаток устраняется, если траловый мешок с уловом не поднимается через слип на палубу. В этом случае выливка улова производится с помощью рыбонасосов. В отечественном рыболовстве вопросы разработки и применения устройств для перекачки рыбы средствами гидромеханизации рассмотрены в работах Фонарёва А.Л.

Выгрузка сардины (иваси) из орудий лова средствами гидромеханизации позволяет усовершенствовать традиционные методы промышленного тралового промысла.

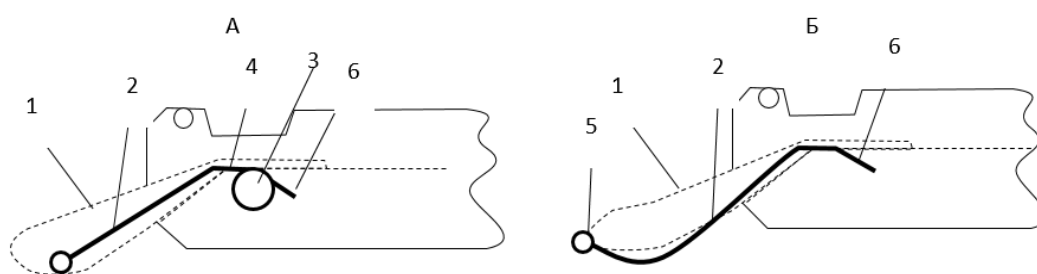
Существует две принципиальных схемы выливки улова с помощью рыбонасосов, рассмотренные в работах [41], [44], [70] и представленные на рисунке 3.12:

а) когда шланг для выливки улова находится внутри тралового мешка и при выборке трала подсоединяется к насосу;

б) при выборке трала и подходе тралового мешка, его конец с помощью голого конца заводится к борту судна, к нему подсоединяется рыбонасос центробежного типа со шлангом для выливки улова.

Трал выбирается до того момента, пока место соединения сетной части с мешком, не окажется в районе слиповой канавки. Далее лебедки стопорятся. Трубопровод, выходящий из мешка трала, через специальный разрез в боковой части, соединяется с рыбонасосом с помощью быстросъемного фланцевого соединения. Затем включается рыбонасос. По мере уменьшения количества объекта в мешке, мешок подтаскивается на палубу [50].

Перекачка рыбы происходит до тех пор, пока в мешке не останется около десяти тонн, после чего выключается рыбонасос, шланги отсоединяются, отверстия в сетном мешке в месте подсоединения рыбонасоса зашвариваются.



1 – траловый мешок; 2 – шланг рыбонасоса для выливки улова; 3 – рыбонасос вакуумного типа; 4 – соединение рыбонасоса через шланг с мешком; 5 – рыбонасос центробежного типа; 6 – накопительный бункер

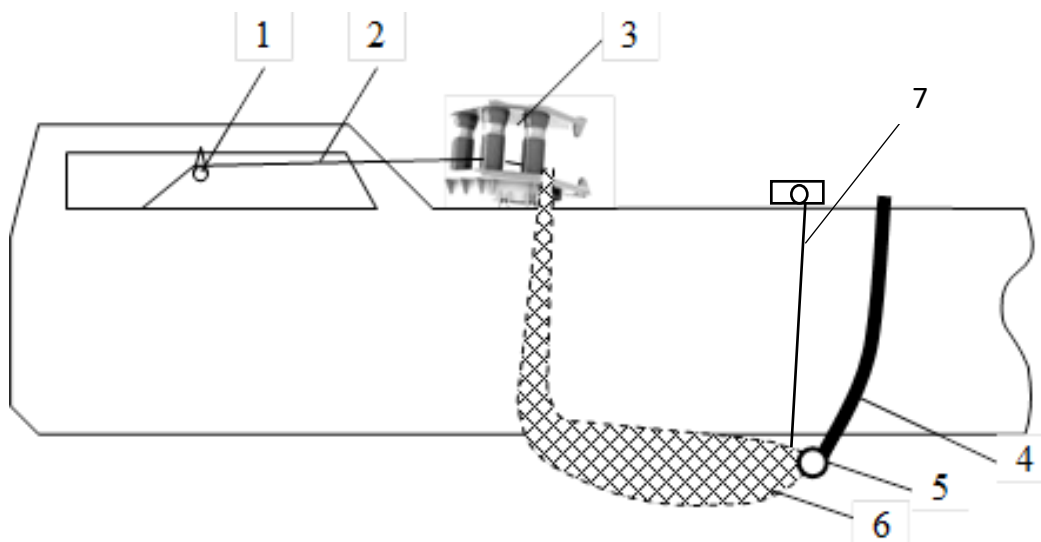
Рисунок 3.13 - Схемы выливки уловов из траловых мешков с помощью рыбонасосов

Затем включаются вытяжные лебёдки в режим выборки и выбираются на самой малой скорости. Выбирается траловый мешок на палубу. Оставшуюся в мешке рыбу выливают в бункера [23], [50].

Сейчас на промысловых судах РТМ-С (МРКТ) типа «Сотрудничество» обработка улова сардины (иваси) производится без подъема трала на палубу судна – рыба принимается на борт через рыбонасос. Для этого на судах предусмотрены охлаждаемые бункера, общая емкость которых составляет до 420 т. Для поддержания необходимой температуры в бункерах используется льдогенератор (система жидкого льда), поддерживающая заданную температуру.

Из бункеров рыба согласно технологическому процессу подается в производственные цеха при помощи вакуумных насосов, где подвергается блочной заморозке. Производительность таких судов по выпуску продукции может достигать 450 т/сут.

В бортовой схеме выливки с отцепным мешком (рис. 3.14) при подходе тралового мешка, он отсоединяется от трала и подсоединяется к проводнику, который заведен через триплекс и блок укладки. С помощью проводника траловый мешок переводится на борт. Конец мешка поднимается на борт, и к кутку подсоединяют рыбонасос. Рыбонасос опускают, подбирают мешок через триплекс и откачивают улов рыбонасосом [70].



1 – блок укладки; 2 – проводник; 3 – триплекс; 4 – шланг выливки улова;
5 – рыбонасос; 6 – мешок; 7 - удерживающий конец

Рисунок 3.14 – Перекачка улова с помощью центробежного рыбонасоса по бортовой схеме выливки с отцепным мешком

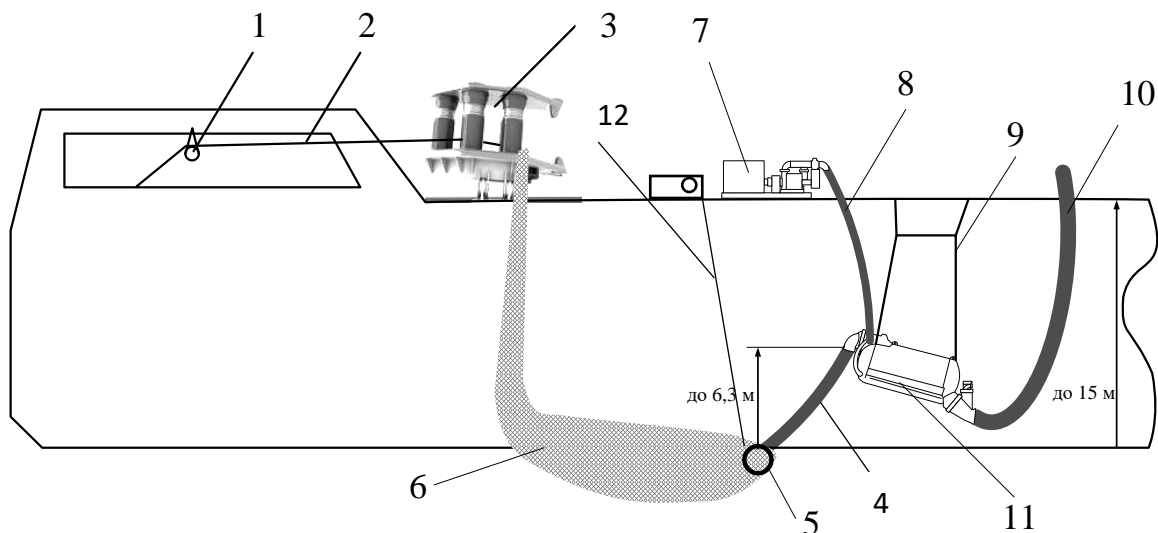
Применение рыбонасосов на траловом промысле дальневосточной сардины (иваси) окажется весьма актуальным, при этом повысится качество рыбы-сырца, поступающего на дальнейшую переработку. Однако использование рыбонасосов на судах затруднено из-за низких скоростей выливки уловов. Средняя скорость выливки улова одного траления на промысле сардины

(иваси) составляет до 9 часов, все это время судно находится в дрейфе и в случае ухудшения погодных условий, приходится отсоединять насос и выливать улов в море[70].

Решение задачи сокращения времени выливки улова возможно при использовании вакуумных рыбонасосов, применение которых особо актуально на промысловых судах-наливниках типа РТМКС «Царица» и СТР «Лидер». Принцип работы таких установок основан на использовании с помощью компрессорных машин поочередно, то вакуума, то избыточного давления в рабочей емкости для водорыбной смеси. Рыбонасосы на базе компрессорных машин обеспечивают наименьшую повреждаемость объектов лова. Кроме того, современные модели таких насосов имеют довольно высокую производительность и возможность перекачивать водорыбную смесь на высоту более 15 м. Вакуумные рыбонасосы с успехом используются в современных технологиях транспортировки рыбы [27]. Наиболее подходящими по производительности и конструкции являются вакуумные насосы ETi (TRANSVAC®) модель 4725 всасывание 120 т/час или модель 5825 до 150 т/час, имеет полностью автоматический режим (с ручным управлением, при необходимости), высота всасывания составляет до 6,3 м, высота разгрузки до 15 м, шланг диаметром 254 - 300 мм. Схема бортовой выливки улова, для судна-наливника, являющегося современным типом добывающего флота, представлена на рисунке 3.15.

При подходе тралового мешка к слипу, он отсоединяется от трала и подсоединяется к проводнику (2), который заведен через триплекс (3) и блок укладки (1). С помощью проводника траловый мешок переводится на борт судна. На окончании тралового мешка перед спуском трала крепится удерживающий конец (12). Конец мешка с помощью лебедки поднимается на борт, и к соединительному раструбу (5) на кутке подсоединяют шланг выливки улова (4). Траловый мешок (6) опускают, спускают вакуумник (11) с закреплённым шлангом подачи воздуха (8) с борта судна и задают ему необходимую высоту,

не более 6,3 м с помощью системы крепления (9). Рыбонасос (7) запускают, подбирают мешок через триплекс и откачивают улов рыбонасосом через шланг подачи рыбы (10).



1 – блок укладки; 2 – проводник; 3 – триплекс; 4 – шланг выливки улова;
 5 – соединительный раструб; 6 – мешок; 7 – насосная установка; 8 – шланг
 подачи воздуха; 9 – схема крепления с борта судна; 10 – шланг подачи рыбы;
 11 – двойной вакуумный резервуар; 12 - удерживающий конец

Рисунок 3.15 – Перекачка улова с помощью вакуумного рыбонасоса по бортовой схеме выливки с отцепным мешком

Таким образом, использование на судах вакуумных насосов позволяет значительно сократить время выливки улова до 2-3 часов. Такие насосы обеспечивают наименьшую повреждаемость объектов лова и увеличивают промысловое время в части количества траления, что позволяет увеличить суточный вылов в 2-3 раза [70].

В 2012 г., как альтернатива вакуумным рыбонасосам, была разработана система SilkStream для перекачки рыбы с судов на берег, по принципу действия схожая с отечественным рыбонасосом разработанной под руководством А.Л. Фонарёва [44].

Такой насос в проточной полости не имеет вращающихся частей, рыба проходит через него беспрепятственно, что способствует выживаемости рыбы. Система состоит из центробежного насоса с гидравлическим приводом и головки водоструйного насоса. Рабочая вода с помощью центробежного насоса подаётся в сопловую камеру головки водоструйного насоса, далее - проходит в смесительную камеру, а затем - в трубопровод транспортировки. Всасывающий патрубок размещен в головке насоса с зазором между сопловой и смесительной камерами таким образом, что при прохождении рабочей воды в смесительную камеру с большой скоростью, во всасывающем патрубке возникает разрежение, в результате пульпа затягивается в насос и далее попадает в трубопровод транспортировки. После прохождения головки рыбо-водная смесь попадает в решетчатое колено (первичный водоотделитель), где происходит отделение большей части «первичной воды». Затем смесь воды и рыбы попадает на водоотделитель для окончательного отделения воды и отправки рыбы в бункер. При использовании таких насосных систем на траловом промысле необходимо произвести закрепление на конце тралового мешка сопла всасывания рыбы, к нему подсоединить шланг, который необходимо вывести за мешок, и прикрепить к топенанту в начале тралового мешка перед сетной частью мотни трала [44] (рисунок 3.16).

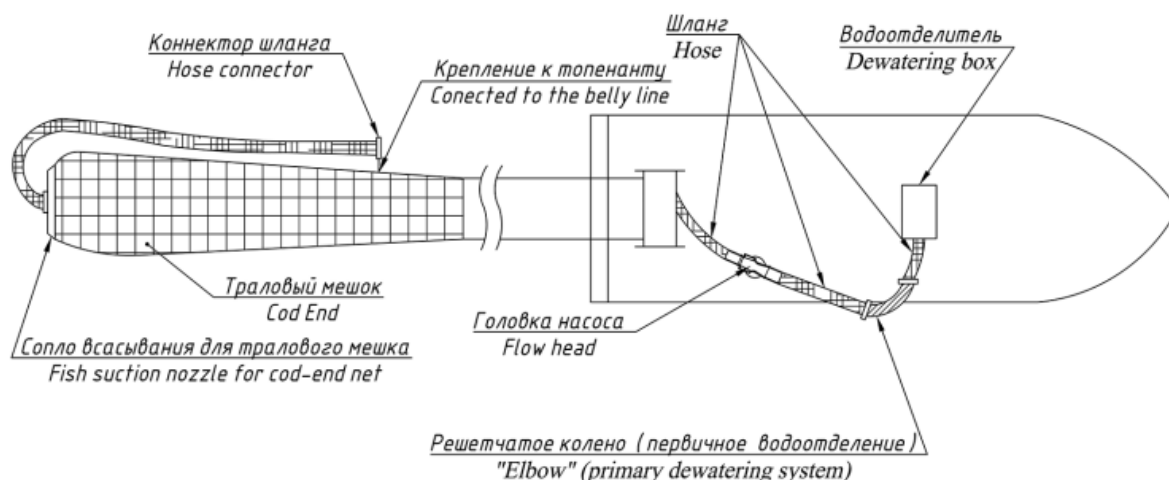


Рисунок 3.16 - Схема работы тралом с водоструйным рыбонасосом

Таким образом, постановка трала проводится в штатном режиме. Траление производится с опущенным шлангом. Выборка трала осуществляется кабельно-сетным барабаном до мешка и выхода шланга на палубу. Далее производится операция подключения коннектора шланга всасывания к головке насоса, после чего начинается транспортировка улова на судно с отделением воды [44].

Анализ системы SILKSTREAM показывает, что подключение шланга к траловому мешку производится с помощью специального сопла, при этом шланг заводится с наружной стороны тралового мешка. Такая заводка позволяет исключить водоструйный эффект высасывания водно-рыбной смеси обратно в мешок. Очевидно, что с точки зрения обтекаемости, такой вариант не идеален [44]. Для промысловых судов, не имеющих кабельно-сетных барабанов, для выборки трала через слип удобнее сделать проводку шланга, как показано на рисунке 3.17.

Для предотвращения ухода рыбы из шланга рыбонасоса за счет «обратного» водоструйного эффекта можно предложить использовать сопло втягивания особой конструкции, которое будет ориентировать поток в обратную сторону движения судна или уменьшит его воздействие на работу рыбонасоса.

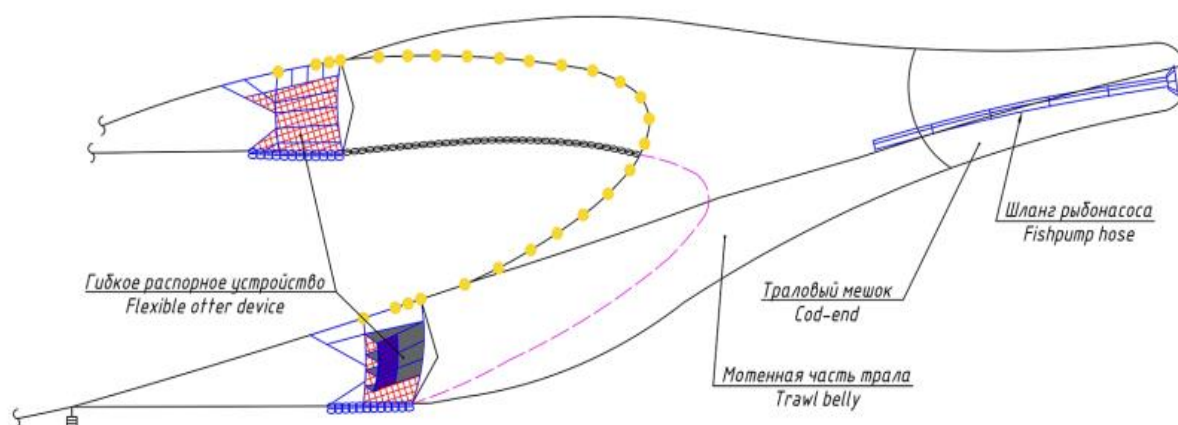


Рисунок 3.17 - Размещение шланга рыбонасоса в траловом мешке

Применение вакуумных рыбонасосов на промысле дальневосточной сардины (иваси) позволит производить выгрузку рыбы из тралового мешка без повреждения и тем самым сохранить качество выловленной сардины. При траловом промысле дальневосточной сардины (иваси), применение вакуумных рыбонасосов позволит не только исключить факторы повреждения улова, увеличить объем продукции, но и за счет исключения операции полной выборки трала на судно значительно уменьшить повреждения орудия лова о палубу.

3.5 Взаимодействие рыболовной системы с промысловым объектом

Промысел сардины иваси ведется в приповерхностном слое, где на поведение объекта промысла существенное влияние оказывают акустические поля рыболовных судов. Поэтому при выработке тактики промысла необходимо учитывать акустические поля рыболовных судов.

Как показала практика, не многие рыболовные компании смогли эффективно использовать влияние акустических полей судов на поведение гидробионтов. Наиболее сильно сказывается влияние акустических полей на кошельковом промысле, где объект лова находится в акустическом поле судна и его давление существенным образом оказывает действие на поведение гидробионтов и может повлиять на выход их из зоны облова [99]. При использовании траловых систем, судам приходится маневрировать, таким образом, чтобы дезориентировать гидробионтов, за счет изменения направленности акустического воздействия судна и обеспечить облов гидробионтов. Поэтому разработка моделей взаимодействия рыболовной системы с гидробионтом является актуальной проблемой на промысле дальневосточной сардины (иваси).

Результаты промысла дальневосточной сардины (иваси) за последние годы и расчеты с использованием проведенных исследований [8], [39] показали, что наиболее эффективными судами на траловом промысле сардины (иваси) являются крупнотоннажные суда, с законченным циклом. Поэтому для

исследования влияния акустических полей судов на поведение дальневосточной сардины (иваси) рассмотрим суда типа РТМС, как основное крупнотоннажное судно осуществляющие данный промысел [51].

Рыболовные суда излучают акустические шумы в широком диапазоне, однако при взаимодействии судна с гидробионтами нас интересуют шумы в диапазонах чувствительности рыб. Исследуемый объект, дальневосточная сардина иваси (17-19 Дб) слышат в полосе частот 1500 – 1800 Гц [3], [4].

На рисунке 3.18 сведены показатели эквипотенциалей акустического поля судна РТМС в диапазоне чувствительности рассматриваемого вида гидробионтов, сигнал снимался на глубине 30 м при скорости судна 6 узл. Необходимо отметить, что глубины 0-40 м является основной областью обитания и облова дальневосточной сардины (иваси). Суда типа РТМС наиболее распространены и поэтому пригодны для решения общих задач, выработки рекомендаций и моделей, однако при решении конкретных практических задач необходимо получать акустический портрет каждого судна, методика которого изложена в работах Кузнецова Ю.А. и Кузнецова М.Ю. [49].

При воздействии акустического поля судна в широком амплитудном диапазоне от 1 до 35 дБ, у дальневосточной сардины (иваси), происходит уплотнение косяка, это является первой областью взаимодействия судна с объектом лова, которую для рассматриваемого судна можно легко определить.

При достижении порогового значения, которое определяется гидробионтом как шумовое поле выше фона, т.е. более 20 дБ, рыбы локализуют источник шума и начинают движение в противоположную от источника сторону. На промысле разноглубинными тралами для сардины (иваси) это происходит на дистанции в 120-135 м.

Эта дистанция зависит от дискретных составляющих судна с максимумом в области 10 – 12 Гц в инфразвуковом диапазоне, который характерен для рассматриваемых судов.

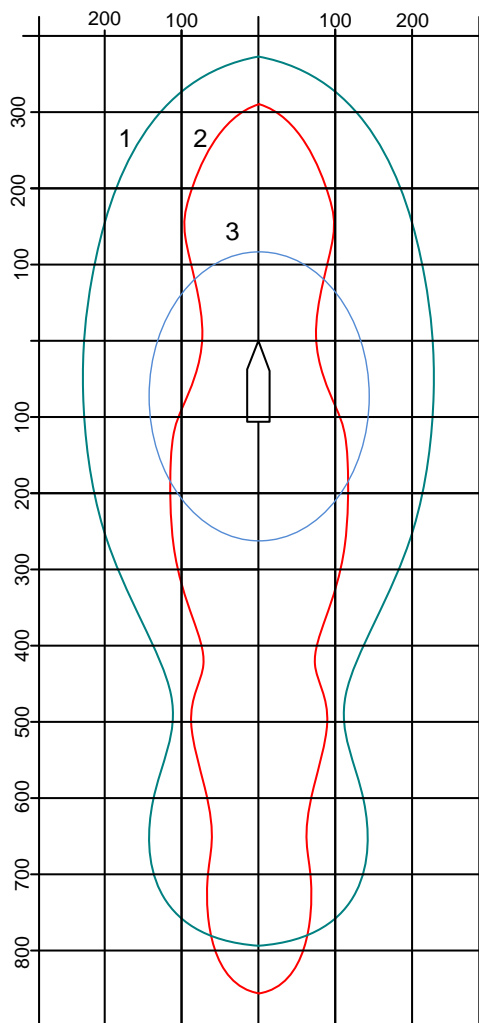


Рисунок 3.18 - Положения траловых систем в акустических полях судна: эквипотенциали акустического поля судна: 1 – в диапазоне частот 0 – 500 Гц, 35 дБ; 2 – в полосе 1500 – 1800 Гц, 25 дБ; 3 – дистанция определения рыб на источник шума судна.

Максимальный диапазон, воспринимаемый дальневосточной сардиной (иваси) составляет 1500 – 1800 Гц. Но при этом стоит учитывать, что рыба определяет направление на источник при одной длине волны, тогда расстояние до источника шума составит 125 -150 м.

Как в первой, так и во второй области звуковое давление будет зависеть от скорости судна и сопутствующим этому шумов от работы всех механизмов судна [49].

В третьей области воздействия судна на косяк происходит при непосредственном «наезде» на него. По мере продвижения судна, рыбы в косяке попадают в его ближнее акустическое поле, где происходит прямое воздействие звуковой волны судна на слуховые рецепторы рыб. Это воздействие равно четверти длины волны (при 100 Гц, длина волны составит 15 м). При этом в этой области рыбы с бросковой скоростью двигаются от борта судна.

На первом и втором этапе поведение рыб носит согласованный характер и фактически их поведение можно рассматривать как единое целое, только в третьей области каждый гидробионт в зоне ближнего акустического поля взаимодействует индивидуально.

Орудия рыболовства совместно с судном на промысле представляется единой системой, безусловно, само орудие рыболовства создает акустическое

поле, которое характеризуется колебаниями канатных и сетных элементов орудий рыболовства, элементами их оснастки. Однако на промысле дальневосточной сардины (иваси), учет отдельного влияния орудий рыболовства на поведение объекта лова без основного источника акустического воздействия на гидробионт не имеет смысла. Поэтому главная задача — это обеспечение орудием лова эффективного облова гидробионтов.

На траловом лове, как правило, гидробионты испытывают воздействие акустического поля судна во всех областях. Во время движения судна с тралом гидробионты обтекают судно и начинают сходиться на значительном расстоянии от него, когда объект попадает во вторую область взаимодействия с судном, т.е. на расстояние 125 - 150 м.

При этом трал ограничивается горизонтальным и вертикальным раскрытием, которое определяется размерами скоплений гидробионтов, для дальневосточной сардины иваси в разделе 2.2 определено вертикальное раскрытие трала $H_c^y = 50$ м.

На промысле дальневосточной сардины иваси стоит еще и задача вывода трала в приповерхностный слой. Для траловых систем с досками имеются ограничения по возможности их настройки для работы в приповерхностном слое. Здесь есть еще особенность, что для каждого судна в зависимости от мощности подбирается трал и соответственно доски. Если наложить расчеты формы траловой системы с двумя видами судов (рис. 3.13), то равновесное состояние траловой системы обеспечивается длиной ваера до 300 м для оптимального облова косяка. Если учесть, что длина ваера, и голых концов трала (до 150 м, и в сумме с длиной ваера 450 м) не вполне обеспечивают эффективное обтекание гидробионтами акустического поля судна в диапазоне, при котором они его избегают. Поэтому сейчас на промысле используются траловые системы с горизонтальным раскрытием до 130 м, которые могут тянуть крупнотоннажные суда типа РТМС.

Моделирование косяка рыб проводилось с учетом того, что в начальный момент времени все рыбы располагаются в трехмерном массиве, на комфортной дистанции 0,25 м друг от друга.

Судно с тралом движется вдоль оси X со скоростью 6 узл., как источник шумового поля с учетом основных размеров корпуса судна. Для среднетоннажного судна производилось в первом приближение изменение масштаба акустических полей в соответствии с судном типа РТМС. Среднетоннажное судно бралось близкое по архитектуре к СТР-503.

На рисунке 3.19 показано движение косяка рыб (2), вид сверху (на глубине 5 м) и вид сбоку (сечение в плоскости ДП). Как можно заметить косяк в горизонтальном положении собирается в области 6 (500 - 550 м от судна), а на первоначальную глубину выходит в области (7) на расстоянии 650 - 700 м от добывающего судна.

При этом траловые системы находятся на более близком расстоянии от судна и косяки не успевают сконцентрироваться полностью, а траловые доски находятся в шумовом поле судна и эффект их акустического воздействия для концентрации гидробонтов снижен.

Таким образом, исследования учета акустических полей судов на поведение дальневосточной сардины (иваси) при траловом лове показало важность их учета в технике и тактике промысла. Представленные модели поведения гидробионта при воздействии на него рыболовной системы хорошо согласуется с результатами положения косяков относительно судна, приведенные в работе (Коротков, 1998). Проведенные исследования работы флота в 2019-2021 году показало, что наибольшей результативности добывались суда, имеющие большое горизонтальное раскрытие трала, что показывает положение косяка и трала (рисунок 3.19). Положение среднетоннажного судна с тралом, показывает, что косяк, достаточно разрозненный в области захвата тралом и, следовательно, будет иметь небольшой улов. На одном крупнотоннажном судне в районе Южно-Курильской промысловой зоны в 2020 и 2021 году руководствуясь рекомендациями работы [10], использовался трал с небольшим

раскрытием. Это позволяло развить большую скорость, и равновесие траловой системы достигалось при расстоянии от судна на 580-600 м. На данном судне были достигнуты наибольшие уловы при облове иваси и скумбрии.

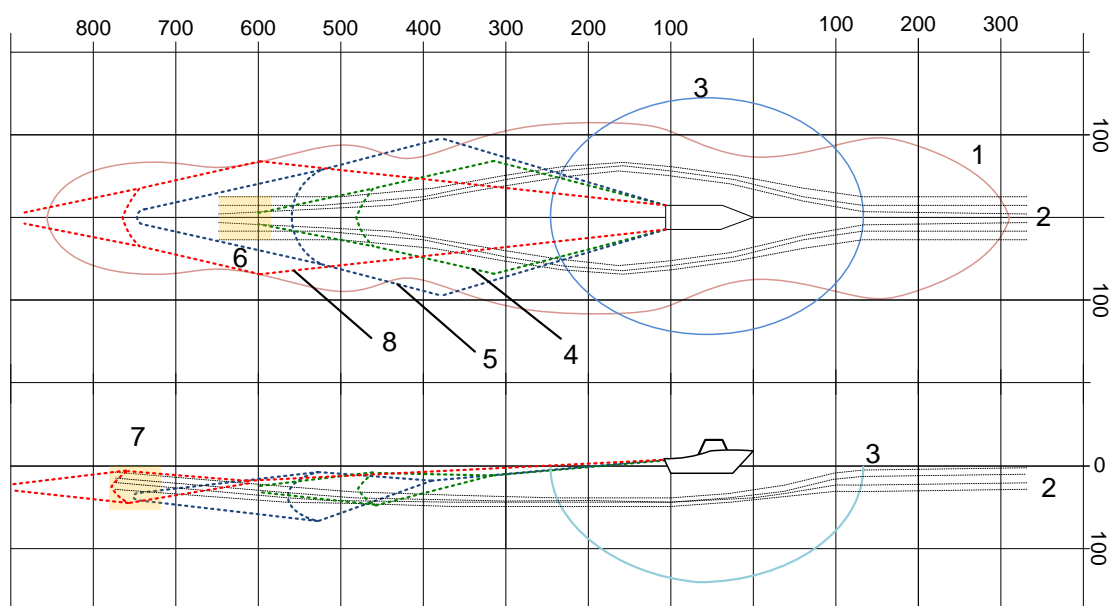


Рисунок 3.19 - Положения траловых систем в акустических полях судна и движение косяка рыб: 1 - дистанция определения рыб на источник шума судна; 2 - движение косяка рыб; 3 - реакция косяка; 4 - трал с $V_c^y = 70$ м, 5 - трал с $V_c^y = 130$ м; 6 – область схождения косяка рыб в горизонтальной плоскости; 7 - область выхода косяка рыб на первоначальную глубину; 8 - трал с $V_c^y = 70$ м на крупнотоннажном судне

Траловые системы, оснащенные ГРУ, не имеют ограничений по их настройке для работы в приповерхностном слое и обеспечивают устойчивое раскрытие трала на значительном удалении от судна на расстоянии 700-900м. Моделирование лова крупнотоннажным судном с небольшим тралом, оснащенным ГРУ, при взаимодействии с косяком показало, что уплотнение косяка происходит и по вертикали, и по горизонтали перед областью облова, в этом случае косяк будет обловлен полностью.

Результаты моделирования хорошо согласуются с практикой работы флота. Это особенно выражается в затратах на буксировку больших траловых

систем, которые в 2-2,3 раза больше, чем при работе с небольшими траловыми системами. Для эффективного решения этой задачи предлагается использовать на промысле дальневосточной сардины (иваси) тралы с оптимальными раскрытиями оснащенные гибкими распорными системами, которые в 15 раз легче траловых досок, имеют щиток в режиме всплытия [20]. При использовании ГРУ равновесие траловой системы обеспечивается при расстоянии от судна до километра и более для среднетоннажных судов и крупнотоннажных судов при меньших скоростях и соответственно меньших затратах. Это позволяет вывести траловую систему с оптимальными характеристиками из области акустических шумов судна, где эти шумы отрицательно влияют на поведение гидробионтов, что позволит облавливать сардину (иваси) после ее концентрации за пределами акустических полей судов и обеспечить большие уловы.

3.6 Комплексная оценка эффективности предлагаемой технологии промысла

Эффективность предложенных в работе мероприятий надлежит рассматривать исходя из отношения двух вариантов:

- эффект от использования методики управления тралом, при реализации дифференцированного подхода к вылову пелагических объектов;
- снижение эксплуатационных расходов при уменьшении расхода топлива промысловых судов от уменьшения сопротивления траловых комплексов с ГРУ.

Для оценки эффективности использования предлагаемой технологии тралового промысла служит показатель эффективности промысловой деятельности, который базируется на методе снижения затрат на промысловых операциях, представленный в следующем виде:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = R \rightarrow \min, \quad (3.34)$$

где R - эксплуатационные расходы добывающего судна, руб.

Одной из основных статей затрат добывающего судна на промысле, являются ресурсозатраты на топливо [73]. Сокращение расхода топлива и соответственно расходов на него для добывающих судов может быть представлено в виде отношения усилий на буксировку трала к силе сопротивления всей траловой системы.

При тралении судно расходует больше топлива чем при переходе и стоянке. Огромное влияние на расход топлива имеет номинальная мощность силовой энергетической установки судна и гидродинамическое сопротивление траловой системы при буксировке.

По данным определенным в работе [29] сопротивление траловой доски составляет 13-25% от сопротивления траловой системы. Во второй главе работы определено что наиболее эффективными судами, использующими технологии тралового лова на промысле дальневосточной сардины (иваси) являются средние и крупнотоннажные промысловые суда. Тяговое усилие судов типа БАТМ, РТМС при тралении на скорости 5 – 5,5 узлов варьируется в пределах 24,7 - 26,5 тс.

Анализ полученных данных, представленных в таблице 2.1 показывает, что использование ГРУ на промысле сардины (иваси), вместо траловых досок, позволяет производить траление с меньшей мощностью или использовать дополнительные ресурсы добывающих судов путем увеличения скорости траления за счет снижения сопротивления распорного устройства и как следствие снижения сопротивления всей траловой системы или снижения потребления судном топлива за счет уменьшения силы сопротивления траловой системы.

В настоящее время принято устанавливать норму расхода топлива промыслового судна исходя из заявленных характеристик судна и корректировать данный показатель на основе анализа производственно-экономических показателей промысловой экспедиции предыдущего периода или исходя из номинального режима работы судового двигателя на промысле.

Исходя из режимов работы судна на промысле может быть определен расход топлива по каждому добывающему судну, который напрямую зависит от

нормативов расхода топлива, скорости движения судна в режиме траления, а также усилия буксировки трала. Буксировочное усилие трала – это размерный показатель, который устанавливается в зависимости от мощности главного двигателя добывающего судна и типа буксируемого трала. Методика определения расхода топлива главным двигателем в зависимости от мощности судна основана на принципе аппроксимации силовой характеристики добывающего судна:

$$q = f \cdot (t; v), \quad (3.35)$$

где q – средний расход топлива при тралении, т/час; t – время траления, час; v – скорость судна, узл.

При определении расхода топлива промысловым судном необходимо учитывать различные этапы рейса. В данной работе для построения модели определения возможного снижения расхода топлива во время промысла заданы ограничения, являющиеся частью оптимизационной модели по определению снижения расхода топлива при производстве промысловых операций, с учетом усилия необходимого для буксировки трала.

Для определения распределения нагрузок главного двигателя применяются статистические методы, которые имеют преимущества по сравнению с методами теплотехнических испытаний двигателей.

В эксплуатации нагрузки главных и вспомогательных двигателей имеют случайный вид, т.е. их нагрузка подлежит временным изменениям в зависимости от условий и режима эксплуатации судна. Для получения обоснованных результатов расчета величин распределения нагрузок требуется располагать огромным массивом исходных данных.

Результаты теплотехнических испытаний судовой энергетической установкой (СЭУ) не позволяют получить достоверные данные о нагрузках главных и вспомогательных двигателей, связанные с различными условиями эксплуатации промысловых судов и состоянием их пропульсивного комплекса. Обработка статистических данных по нагрузкам двигателей сводится к расчету средней нагрузки и среднеквадратичного отклонения нагрузки. При этом

объем исходных данных по нагрузкам должен обеспечить приемлемую достоверность определяемых параметров нагрузки главного двигателя [54].

Зная номинальную мощность главного двигателя и суммарное время его работы можно определить относительную нагрузку:

$$\bar{N}_i = \frac{N_i}{N_{\text{НОМ}}}, \quad (3.36)$$

где N_i - текущее значение мощности двигателя; $N_{\text{НОМ}}$ - его номинальная мощность.

Относительную продолжительность работы двигателя на этой нагрузке:

$$\bar{t}_i = \frac{t_i}{T_p}, \quad (3.37)$$

где t_i - продолжительность работы двигателя, ч; T_p - суммарное время работы двигателя, ч.

$$T_p = \sum_{i=1}^n t_i, \quad (3.38)$$

Относительное математическое ожидание нагрузки двигателя (средняя относительная нагрузка):

$$\bar{N}_c = \sum_{i=1}^n \bar{N}_i \cdot \bar{t}_i, \quad (3.39)$$

Математическое ожидание относительной нагрузки двигателя - это сумма произведений значений относительных нагрузок на относительную их продолжительность [54].

Для расчета параметров распределения нагрузки СЭУ в качестве исходных данных требуются значения текущей мощности. Под текущей мощностью следует понимать значение мощности ДВС в данный момент времени, которое фиксируется по истечению каждого часа времени в машинном журнале.

Показателями, косвенно характеризующими мощность СЭУ, работающих на винт фиксируемого шага, являются показатели, которые регистрируются в вахтенном машинном журнале: частота вращения коленчатого вала; температура выпускных газов; ход рейки топливных насосов высокого давления. Из перечисленных показателей предпочтительным является частота вращения вала главного двигателя.

По результатам стендовых или теплотехнических испытаний СЭУ находят зависимость, $\bar{N}_e = f(n)$ которую используют для определения относительной текущей мощности главного двигателя по частоте вращения вала. Для расчетов приняты результаты теплотехнических испытаний главных двигателей следующих судов: РТМС; БАТМ; РТМ работающих на промысле дальневосточной сардины (иваси).

Среднюю нагрузку ГД можно определить по значению средней относительной частоты вращения вала по известной зависимости

$$\bar{N}_c = \bar{n}_c^m, \quad (3.40)$$

m - показатель степени (для водоизмещающих судов $m \approx 3$).

$$\bar{n}_c = \frac{n_c}{n_{ном}}, \quad (3.41)$$

где n_c - средняя частота вращения вала; $n_{ном}$ номинальная частота вращения.

Для главных двигателей, работающих на винт регулируемого шага (ВРШ), в качестве косвенных показателей, характеризующих текущую мощность, принимают частоту вращения газотурбонагнетателя (ГТН), температуру выпускных газов, t_r ; показания выносного указателя шага (ВУШ); частоту вращения коленчатого вала, n .

Для определения текущей мощности СЭУ можно принять произведение $n \cdot t_r$ или $n_{ГТН}$, а также показания ВУШ. По данным стендовых или теплотехнических испытаний находятся зависимости:

$$\bar{N}_c = f(n \cdot t_r), \quad \bar{N}_c = f(n_{ГТН}), \quad \text{или} \quad \bar{N}_c = f(\text{ВУШ}), \quad (3.42)$$

Полученные значения текущей мощности главного двигателя используют для определения средней статистической нагрузки СЭУ на основных режимах эксплуатации судна.

Для определения расхода топлива необходимо знать топливную характеристику двигателя, которая определяется как зависимость часового расхода

топлива от его нагрузки и определяется по результатам стендовых или теплотехнических испытаний. Ее можно представить графической зависимостью или в аналитической форме - уравнением полинома второй степени вида:

$$\bar{B}_q = a + b \cdot \bar{N}_c + c \cdot \bar{N}_c^2, \quad (3.43)$$

где \bar{N}_c - относительная средняя нагрузка двигателя; a, b, c - постоянные коэффициенты топливной характеристики, имеющие для каждого марок дизеля свои определенные значения, причем их сумма $a+b+c \approx 1$.

$$\bar{N}_c = \frac{N_c}{N_{\text{ном}}}, \quad (3.44)$$

где N_c - средняя мощность двигателя; $N_{\text{ном}}$ - номинальная мощность двигателя.

Расчет коэффициентов a, b, c выполнен по методу наименьших квадратов на ЭВМ по составленной на кафедре программе [55].

Методом наименьших квадратов называется метод определения постоянных коэффициентов, входящих в формулу (3.43), при этом сумма квадратов отклонений, значений нагрузки и расхода топлива, полученных при стендовых или теплотехнических испытаниях двигателя, была наименьшей от кривой их зависимости. Этот метод позволяет получить зависимость часового расхода топлива от нагрузки двигателя в аналитической форме.

Для определения коэффициентов топливной характеристики исходными данными являются значения относительной текущей нагрузки и относительного текущего расхода топлива, которые берутся из отчетов стендовых или теплотехнических испытаний дизеля (количество этих значений должно быть не менее четырех пар).

Топливная характеристика главного двигателя и его средняя нагрузка дает возможность определить расход топлива для любого режима эксплуатации СЭУ.

Определение расхода топлива производится на ЭВМ по составленной на кафедре программе, данные расчетов представлены в приложении А.

Часовой относительный расход топлива двигателем судна определяется по формуле:

$$\bar{B}_q = a + b \cdot \bar{N}_c + c \cdot \bar{N}_c^2, \quad (3.45)$$

При определении расхода топлива главным двигателем необходимо учитывать долю работы двигателя на i -ом режиме:

$$q = \frac{t_i}{T_p}, \quad (3.46)$$

где t_i - время работы двигателя на данном режиме эксплуатации, ч; T_p - продолжительность режима, ч.

Часовой относительный расход топлива двигателем с учетом доли его работы определяется по формуле:

$$\bar{B}_q = (a + b \cdot \bar{N}_c + c \cdot \bar{N}_c^2) \cdot \frac{t_i}{T_p}, \quad (3.47)$$

Абсолютный часовой расход топлива двигателем определяется:

$$B_q = \bar{B}_q + B_{ном}, \quad (3.48)$$

Суточный расход топлива составит:

$$B_{сут} = B_q^{сд\bar{y}} \cdot 24, \quad (3.49)$$

Определив суточные расходы топлива СЭУ для каждого режима эксплуатации промыслового судна, можно рассчитать суточный расход топлива за эксплуатационный период.

$$B_{сут} = K_{ст.п} \cdot B_{ст.п} + K_{ход} \cdot B_{ход} + K_{пр} \cdot B_{пр} + K_{ст.м} \cdot B_{ст.м}, \quad (3.50)$$

где $K_{ст.п}$ - доля времени стоянок судна в порту; $K_{ход}$ - то же, переходов в район промысла и обратно в порт; $K_{пр}$ - то же, работы на промысле; $K_{ст.м}$ - то же, стоянок в море [54].

Для построения математической модели, позволяющей определить экономию топлива промысловыми судами при использовании траловых систем, оснащенных ГРУ необходимо:

- разделить работу промыслового судна на задаваемые участки с условно постоянными факторами траления;

- не учитывать элементы набора и снижения скорости, считая ее устоявшейся при каждом тралении;

- в качестве переменных использовать не скорость судна, а время каждого траления, тогда математическая модель задачи имеет вид:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n Q_i &\rightarrow \min, \\ t_{\min} &\leq t_i \leq t_{\max}, \\ \sum_{i=1}^n t_i &= t_{\text{пр}}, \end{aligned} \quad (3.51)$$

где t_i – время траления на i -ом участке; n – число тралений за все время промысла; Q_i – расход топлива двигателем на i -ом тралении; t_{\min} и t_{\max} – минимальное и максимальное промысловое время на i -ом тралении, которое определяется по ограничительным характеристикам каждого траления [54], [73].

Для аналитического приближенного решения необходимо аппроксимировать функцию q_i кубическими парабололами:

$$Q_i = q_i \frac{t_i^3}{t_i^{\min 2}}, \quad (3.52)$$

где q_i – массовый часовой расход топлива двигателем на i -ом тралении при скорости движения судна, соответствующей времени траления t_i^{\min} .

Будем считать, что величины q_i , t_i^{\min} и t_i^{\max} находятся с использованием метода расчёта характеристик.

Тогда решение будет иметь следующий вид:

$$t_n = t_n^{\min}, t_m = t_n^{\max}, t_j = t_{\text{пр}} - \sum_m t_m^{\max} - \sum_n t_n^{\min} \frac{t_j^{\min 3} \sqrt{q_j}}{\sum_j t_j^{\min 3} \sqrt{q_j}}, \quad (3.53)$$

где конкретный набор индексов m , n и j можно определить с применением следующего алгоритма:

- считаем, что наборы индексов не заполнены;
- по формуле (3.53) рассчитываются все t_i кроме тех, что находятся в блоках m и n с;
- если для некоторого i нарушаются условия (3. 51), то соответствующие индексы следует поместить в блоки m или n ;

- в случае, когда все t_i удовлетворяют ограничениям (3. 51), то решение получено, если нет, то необходимо вернуться на второй шаг предлагаемого алгоритма расчета [94].

Применение данной модели ограничено вопросом определения величины прямолинейных участков и времени выполнения непосредственно траления для получения адекватных результатов [94]. При построении данной модели было принято два допущения:

- участки траления считались прямолинейными;
- не учитывались режимы выхода на устоявшуюся скорость траления и остановки судна для выборки тралового мешка.

Таким образом уменьшение сопротивления траловой системы в диапазоне от 8,6 до 16,3% при использовании ГРУ позволит получить экономический эффект от снижения расхода топлива при промысловых операциях в пределах от 4,46 до 8,62%.

3.7 Выводы по главе 3

Решение задачи управления траловой системой на промысле основано на автоматизации систем тралового лова и алгоритмах наведения устья трала на ядро подвижного косяка гидробионтов. Управление траловой системой связано с задачами закрытия траловой оболочки и ее раскрытием, исходя из траектории движения судна при выводе трала на скопление гидробионтов. Актуальность решения такой задачи возникает при облове скоплений сардины (иваси), которые могут чередоваться по движению курса судна с косяками скумбрии.

1) Разработана методика управления траловой системой с гибкими распорными устройствами на промысле сардины (иваси), позволяющая производить открытие и закрытие трала под воздействием управляющей лебедки, для дифференцированного облова гидробионтов.

2) Доказано, что при облове поверхностных скоплений наиболее эффективно использовать ГРУ по сравнению с траловыми досками, поскольку системы с ГРУ в равновесном состоянии могут находиться на большом расстоянии от судна, позволяя косякам гидробионтов сходиться и облавливаться небольшими тралами, что значительно повышает маневренность судов и снижает затраты на топливо, повышая промысловую эффективность.

3) Решена задача по автоматизации и исключению ручного труда, включающая процессы подключения и отключения грузов углубителей. Для этого разработана схема оснастки ГРУ, позволяющая наматывать траловую систему на кабельно-сетной барабан полностью, что уменьшает время постановки и выборки, а также исключает аварийные ситуации.

4) Предложена автоматизированная промысловая схема с комбинированной лебедкой, позволяющая осуществлять постановку и выборку траловой системы, оснащенной гибкими распорными устройствами с минимальным участием экипажа судна.

5) В целях снижения травмирования дальневосточной сардины (иваси) при подъеме тралового мешка с уловом предложено использование промысловой схемы с отцепным мешком для выливки рыбы с помощью вакуумных рыбонасосов. На промысле дальневосточной сардины (иваси) с использованием технологий тралового лова применение вакуумных рыбонасосов позволит не только избежать чрезмерного повреждения улова, но и за счет исключения выборки всего трала на борт судна значительно уменьшить истирание орудия лова о палубу.

6) Проведено исследование учета акустических полей судов на поведение дальневосточной сардины (иваси) при траловом лове, что показало важность их учета в технике и тактике промысла.

7) Установлена зависимость снижения эксплуатационных расходов на топливо при производстве промысловых операций с использованием траловых систем, оснащённых ГРУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для формирования цели и задач диссертационной работы был проведен обширный анализ отечественных и зарубежных исследований по методам, способам совершенствования современных траловых систем.

В результате проведенного анализа было выявлено, что в основном эти исследования были направлены на совершенствование непосредственно тралов, траловых досок и их настройки, в то время как вопрос использования гибких распорных устройств на промысле дальневосточной сардины (иваси) не рассматривался также, как и методы управления траловыми системами для дифференцированного облова промысловых скоплений.

Поставленные в диссертационной работе задачи были выполнены в полном объеме:

- исследовано современное состояние и перспективы долгосрочного развития промысла дальневосточной сардины (иваси) в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне;
- проведен анализ использования современных траловых систем и обоснованы параметры входного устья трала для облова сардины (иваси);
- проведен анализ имеющихся конструкций гибких распорных устройств и внесены конструкционные изменения в существующие гибкие распорные устройства с учетом задаваемых параметров входного устья, а также промысловых схем и механизмов;
- обосновано изменения оснастки трала и разработана методика расчета усовершенствованной оснастки распорного компонента траловой системы;
- обоснована методика управления траловой системой с гибкими распорными устройствами и усовершенствованной оснасткой на основе дифференцированного подхода к облавливанию смешанных, в том числе поверхностных промысловых скоплений.

По результатам диссертационного исследования разработаны методики, математические модели и программы для ЭВМ, позволяющие определять характеристики траловых систем и оптимальных режимов их работы для промышленного лова дальневосточной сардины (иваси). Результаты проведенного научного исследования позволяют сделать следующие выводы:

В работе получены и обоснованы методы расчета элементов ГРУ (выбор нити сетного полотна, материала для изготовления рабочей поверхности ГРУ и стрингеров), которые позволяют решать задачи проектирования ГРУ и его производства в полном объеме. Проведена оптимизация конструкции ГРУ с учетом процессов эксплуатации орудий рыболовства и теоретического обоснования этих процессов.

Для решения задач по автоматизации и исключению ручного труда разработана схема оснастки ГРУ исключающая процессы подключения и отключения грузов углубителей, что позволяет траловую систему наматывать на кабельно-сетной барабан полностью, что уменьшает время постановки и выборки, а также исключает аварийные ситуации.

В целях эффективности наматывания ГРУ на барабан, без повреждения рабочей поверхности, предложена схема комплектация нескольких меньших по площади ГРУ в один пакет, путем замены одного большого по площади ГРУ. Получены формулы для расчета длины кабелей ГРУ как для одного ГРУ, так и пакета устройств.

Выполнено численное моделирование вариантов траловой системы с минимальным применением ручного труда при процессах постановки и выборки трала на существующих судах.

Разработана методика управления траловой системой с гибкими распорными устройствами позволяющая производить открытие и закрытие трала под воздействием управляющей лебедки, для дифференцированного облова гидробионтов.

Проведено численное моделирование траловых систем для вылова дальневосточной сардины (иваси) с применением гидродинамической оснастки

нового поколения. Показано, что при облове поверхностных скоплений наиболее эффективно использовать ГРУ по сравнению с траловыми досками, поскольку системы с ГРУ в равновесном состоянии могут находиться на большем расстоянии от судна, позволяя косякам гидробионтов сходиться и облавливаться небольшими тралами, что значительно повышает маневренность судов и снижает затраты на топливо, повышая промысловую эффективность.

В целях снижения травмирования дальневосточной сардины (иваси) при подъеме тралового мешка с уловом предложено использование промысловой схемы с отцепным мешком для выливки рыбы с помощью вакуумных рыбонасосов. На траловом промысле сардины (иваси), данный вид механизации позволит не только избежать излишнего повреждения улова, но и за счет исключения операции полной выборки трала на борт снизить истирание орудия лова о палубу.

Проведено исследование учета акустических полей судов на поведение дальневосточной сардины (иваси) при траловом лове, что показало важность их учета в технике и тактике промысла.

Установлена зависимость снижения эксплуатационных расходов на топливо при производстве промысловых операций с использованием траловых систем, оснащённых ГРУ.

Разработанные методики способствуют оптимизации процесса эксплуатации орудий рыболовства, что ведет к увеличению эффективности лова, улучшению качества работы траловых систем (за счет удержания тралов в верхних слоях гидросферы, увеличения точности наведения тралов), уменьшению тяговых усилий добывающих судов в процессе траления и увеличению скорости траления на 1 узел, снижению потребления топлива добывающими судами на 4,46 - 8,62% и соответственно уменьшению себестоимости конечного продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалтусов С.М., Астафьев С.Э., Бойцов А.Н. Обоснование вертикального раскрытия устья трала по параметрам промысловых скоплений (на примере японской скумбрии). Обоснование орудий промышленного рыболовства. Владивосток: ТИНРО. 1985. с. 34 - 42.
2. Андреев М.Н., Студенецкий С.А. Оптимальное управление на промысле. - М.: Пищевая промышленность, 1975. -288 с.
3. Антоненко Д.В., Байталюк А.А. Пелагические ресурсы северо-западной части тихого океана - новые возможности увеличения вылова российских рыбаков. II Межд. рыбопромышленный форум и выставка рыбной индустрии, морепродуктов и технологий. Мат. деловой прогр. (докл. участников). Global Fishery Forum & Seafood Expo, 2018. 13–15 сентября 2018 г., Санкт-Петербург. М.: Изд-во ВНИРО, с. 98.
4. Байталюк А.А., Старовойтов А.Н., Жигалин А.Ю., Мокрин Н.М. Информация ТИНРО-Центра «Освоение запасов пелагического рыбного комплекса – сайра, скумбрия, сардина – иваси – ближайший резерв роста вылова на Дальневосточном бассейне. Новый «старый» промысел сардины и скумбрии – первые результаты. [Электронный ресурс]. <http://www.tinro-center.ru/home/novosti/> (дата обращения 06.07.2020).
5. Баранов, Ф. И. Избранные труды: в 4-х т. / Ф. И. Баранов. – Москва: Пищевая промышленность, 1970 – т.2: Статьи по теории и практике орудий промышленного рыболовства. – 308 с.
6. Барышко, М.Е., Промысел скумбрии и сардины-иваси на Дальнем Востоке: моног. М.Е. Барышко. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2009. – 472 с.
7. Барышко М.Е. Промысел скумбрии и сардины-иваси на Дальнем востоке. Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8-2. – с. 229-230.
8. Балыкин П.А., Бонк А.А., Старцев А.В. Оценка состояния запасов и управление промыслом морских рыб. Учебное пособие. – Всемирный фонд

дикой природы (WWF), 2014. – 63 с.

9. Беляев В.А. Экосистема зоны течения Куроиси и ее динамика: моногр. - Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 2003. - 382 с.

10. Бойцов А.Н., Астафьев С.Э. Оснастка входного устья разноглубинного трала. Поведение рыб и орудий лова. – Владивосток: ТИНРО, 1983. - с. 43-47.

11. Бойцов А.Н., Осипов Е.В., Кудакаев В.В. Методика проектирования гибкого распорного устройства для горизонтального раскрытия тралов. Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011, Т.23, - с. 64-68.

12. Бойцов А.Н. Перспективы использования гибких распорных устройств. Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. Вып. 23. – с. 37-44.

13. Бойцов А.Н., Висягин О.А. Исследования гидродинамических распорных устройств. Моног. - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. - 86 с.

14. Бойцов А.Н., Осипов Е.В. К вопросу возобновления промысла сардины-иваси в Дальневосточном бассейне. Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. Материалы Международной научно-практической конф. Ч 1 – Владивосток. Дальрыбвтуз. 2016. - с. 46-49.

15. Бойцов А. Н., Лисиенко С. В., Вальков В. Е., Осипов Е. В. Динамика численности и распределение дальневосточной сардины (иваси), прогноз промысла. Природные ресурсы, их состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы X Национальной (всероссийской) научно-практической конференции – П. – Камчатский, Камчат ГТУ, 2019. - с.15-18.

16. Бойцов А.Н., Осипов Е.В., Лисиенко С.В., Вальков В.Е., Пилипчук Д.А. Управление траловой системой с гибкими распорными устройствами. Рыбное хозяйство. 2019. № 4. - с. 93-95.

17. Бойцов А.Н., Осипов Е. В., Лисиенко С. В., Вальков В. Е. Разработка модели управления траловой системой с гибкими распорными устройствами. Научно-практические вопросы регулирования рыболовства. Матери-

алы Национальной научно-технической конференции – Владивосток. Дальрыбвтуз, 2019. - с. 9-12.

18. Бойцов А.Н., Осипов Е.В. Расчет системы управления раскрытием тралов с гибкими распорными устройствами. Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации. Материалы II Национальной научно-технической конференции. Владивосток. Дальрыбвтуз. 2018. - с. 9-11.

19. Бойцов А.Н., Осипов Е. В. Автоматическая промысловая схема тралового лова. Научно-практические вопросы регулирования рыболовства. Материалы Национальной научно-технической конференции. - Владивосток: Дальрыбвтуз. 2019. - с. 6-8.

20. Бойцов А.Н., Вальков В.Е., Осипов Е.В. Оптимизация конструкции гибких распорных устройств. Материалы Международной научно-практической конференции «Водные биоресурсы: рациональное освоение и искусственное воспроизводство», Владивосток. 2021. – с. 9-13.

21. Булатов О.А., Котенев Б.Н., Кровнин А.С. О перспективах новой «сардинной эпохи» в северо-западной части тихого океана. Вопросы рыболовства. Том 17, №4: 2016. – с. 385-405.

22. Вальков В.Е. Исследование современного состояния и перспектив долгосрочного развития промысла дальневосточной сардины (иваси) в дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. Материалы VI Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли». Владивосток. 2020. – с. 19-23.

23. Вальков В.Е., Бойцов А.Н. Применение технологий тралового лова на современном этапе возобновления промысла дальневосточной сардины (иваси). Материалы IV Национальной научно-технической конференции. Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации. Владивосток. Дальрыбвтуз. 2021. - с. 8 - 11.

24. Вальков В.Е., Бойцов А.Н., Лисиенко С.В. Совершенствование схем организации тралового промысла дальневосточной сардины (иваси). Материалы VI Международной научно-технической конференции. В 2-х частях. Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. 2020. - с. 23 - 26.
25. Вальков В.Е., Бойцов А.Н., Осипов Е.В. Методы расчета эскизных вариантов гидродинамических устройств. Материалы V Национальной научно-технической конференции «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации». Дальрыбвтуз. Владивосток. 22.12.2021. - с. 201-205.
26. Великанов А.Я., Буслов А.В., Никитин В.Д. и др. Очередное появление дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* (Clupeidae) у западного побережья Сахалина. Изв. ТИНРО. - 2012. - Т. 171. - с. 62 - 68.
27. Великанов Н.Л., Наумов В.А. Компрессорные машины вакуумных рыбонасосов. Рыбное хозяйство. 2018. № 6. - с. 78-81.
28. «Взгляд» деловая газета «Сельдь иваси» возвращается из СССР, [Электронный ресурс] <http://www.vz.ru/economy/2016/7/13/821307.html>. (дата обращения 19.11.2019).
29. Габрюк В.И., Бойцов А.Н., Осипов Е.В. Методика определения горизонтального и вертикального раскрытия разноглубинных тралов. Материалы V Международной научно-технической конференции. В 2-х частях. Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. 2018. - с. 55 - 64.
30. Габрюк В.И., Кулагин В.Д. Механика орудий рыболовства и АРМ промысловика. М.: Колос, 2000. – 416 с.
31. Габрюк В.И., Кокорин Н.В., Осипов Е.В., Чернецов В.В. Механика орудий рыболовства. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. - 304 с.
32. Габрюк В.И., Чернецов В.В., Бойцов А.Н. Основы моделирования рыболовных систем. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. - 560 с.
33. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика.

М.: Высшее образование, 2006. - 479 с.

34. Дверник А.В. Устройство орудий рыболовства. А.В. Дверник, Л.Н. Шеховцев - М: Легкая и пищевая промышленность, 2004. - 280 с.

35. Жуков В.П., Лунин В.И. О коэффициентах сопротивления пелагических тралов. Рыб. хоз-во. 1976. № 6. - с. 56–57.

36. Журавлев Л.В. Проектирование орудий океанического рыболовства. Учебн. пособие. Владивосток. Дальрыбвтуз. 2002. 86 с.

37. Зуенко Ю.И. Межгодовые изменения районов и сроков массового нереста сардины иваси в Японском море и их значение для воспроизводства сардины. Изв. ТИНРО. - 2011. - Т. 166. - с. 103-122.

38. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1999. 672 с.

39. Калайда М.Л. Методы рыбохозяйственных исследований. учебное пособие – СПб.: Проспект Науки, 2013. – 288 с.

40. Карпенко В. П. и Фридман А. Л. Устройство раскрытия рыболовных тралов. - М: «Пищевая промышленность», 1980. - 248 с.

41. Карпенко В. П., Торбан С. С. Механизация и автоматизация процессов промышленного рыболовства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 464 с.

42. Карпенко В. П. и Фридман А. Л. Устройство раскрытия рыболовных тралов. - М: «Пищевая промышленность», 1980. - 248 с.

43. Кудакаев В.В. О промысле дальневосточной сардины (*sardinops melanostictus*). Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2016. Т. 185. с. 273-276.

44. Кудакаев В.В., Карпелев Т.П. Бойцов А.Н. Автоматизированные гидравлические системы транспортировки рыбы из орудий лова рыбонасосами. Известия ТИНРО. 2016, Т.186, с. 207-213.

45. Кудакаев В. В., Чернецов В. В., Бойцов А. Н., Висягин О. А. Совершенствование гибких распорных устройств горизонтального раскрытия устья трала. Научные труды Дальрыбвтуза. - Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. - 2010 г. Вып.

22. – с. 27-36.

46. Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Сыроваткин Е.В., Шевцов В.И. Особенности пространственного распределения и поведения японской скумбрии и дальневосточной сардины в прикурильских водах северо-западной части Тихого океана в летний период 2015-2016 гг. Рыбное хозяйство. 2017 №2. - с. 56-62.

47. Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А., Поляничко В.И., Сыроваткин Е.В. Программный комплекс для визуализации, многовидовой обработки и хранения данных гидроакустических ресурсных съёмки. Труды ВНИРО – 2021. – Т. 183.- с. 174-188.

48. Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Шевцов В.И. Оперативный промыслово-акустический поиск скоплений японской скумбрии и сардины-иваси в северо-западной части Тихого океана. Научно-практические вопросы регулирования рыболовства. Материалы Международной научно-технической конференции. Владивосток, 2021. с. 18-24.

49. Кузнецов Ю.А., Кузнецов М.Ю. Обоснование и разработка методов и средств промысловой биоакустики. Моногр. – Владивосток. Дальрыбвтуз. 2007. – 339 с.

50. Лисиенко С.В., Бойцов А.Н., Кудакаев В.В., Осипов Е.В., Пилипчук Д.А. Промысел дальневосточной сардины (иваси): учеб. пособие по направлению подгот. 35.04.08 «Пром. Рыболовство» по укрупнен. группе специальностей и направлений подгот. 35.00.00 «Сел., лес. и рыб. хоз-во». / С. В. Лисиенко, А. Н. Бойцов, В. В. Кудакаев [и др.]; Калинингр. гос. техн. ун-т, Дальневост. гос. тех. рыбохоз. ун-т. - Калининград: КГТУ, 2019. – 203 с.

51. Лисиенко С.В., Вальков В.Е., Иванко Н.С., Бойцов А.Н. Разработка математической модели и оптимизационной задачи по организации и управлению промысловым флотом при ведении добычи водных биологических ресурсов на примере промысла дальневосточной сардины (иваси) и скумбрии в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 4-2 (46). с. 147-153.

52. Лисиенко С.В., Бойцов А.Н., Вальков В.Е. Современное состояние и перспективы развития добычи дальневосточной сардины (иваси) и скумбрии. Материалы V Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли. 2020. с. 3 - 6.
53. Ломакина Л. М. Технологии постройки орудий лова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 207 с.
54. Маницын В.В., Музалевский Н.В. Расчет параметров распределения нагрузки двигателя и определение расхода топлива. учеб. пособие –Владивосток: Изд-во ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз», 1989. - 84 с.
55. Маницын В.В., Топливные характеристики дизелей «Caterpillar» и их анализ. Научные труды Дальрыбвтуза - 2007 г. Т. 19. с. 32-35.
56. Мельников В.Н., Яковлев В.Н. Выбор оптимальных параметров облавливающей системы по критерию скоростей выносливости рыб. Рыбное хозяйство. 1978. №6. с. 51-53.
57. Мельников В.Н. Биотехническое обоснование показателей орудий и способов промышленного рыболовства. - М.: Пищевая промышленность, 1979. – 376 с.
58. Мельников В.Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы. – М.: Агропромиздат, 1991. – 384 с.
59. Мельников А.В., Мельников В.Н. Селективность рыболовства. Астрахань: АГТУ, 2005. - 388 с.
60. Мельников В.Н. Общая характеристика основных видов математических моделей теории рыболовства. Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. 2009. № 1. с. 17-22.
61. Мельников А. В., Прямухина Н. В., Назармамедов А. Н., Дон Куаме Рафаел, Ахмеджанова А. Б. Перспективы развития автоматизированных систем управления процессами кошелькового и разноглубинного тралового лова. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 38-45.

62. Наумов В. А. Математическое моделирование: учебно-метод. пособие. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 73 с.
63. Недоступ А.А. Экспериментальная гидромеханика орудий рыболовства: учеб. пособие / А.А. Недоступ. – М.: Моркнига, 2014. - 363 с.
64. Недоступ А.А., Ражев А.О., Соколов Е.В., Макаров В.В. Математическое моделирование орудий и процессов рыболовства. Ч.III: Монография. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2016. – 249 с.
65. Осипов Е.В. Объектно-ориентированные методы расчета орудий рыболовства: Монография. – Владивосток: ТИНРО–Центр, 2009. – 89 с.
66. Осипов Е.В., Бойцов А.Н. Методы расчета гибких распорных устройств для горизонтального раскрытия трала и управления ими. Исследования водных биологических ресурсов камчатки и северо-западной части Тихого океана. №30. 2013. – с. 111-116.
67. Осипов Е.В., Бойцов А.Н. Результаты исследований гибких распорных щитков для горизонтального раскрытия траловой системы. Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: Международ. науч. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз. 2010. – С. 215-219.
68. Осипов Е.В., Бойцов А.Н., Кудакаев В.В. Методика проектирования гибкого распорного устройства для горизонтального раскрытия тралов. Научные труды Дальрыбвтуза, Т23. 2011. - с.64-68.
69. Осипов Е.В., Бойцов А.Н., Пилипчук Д.А., Вальков В.Е. Расчет характеристик горизонтальных гибких распорных устройств траловой системы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019666311, 06.12.2019.
70. Осипов Е.В., Карпелев Т.П., Вальков В.Е. Исследование промышленных схем тралового лова для работы с рыбонасосом. Материалы V Национальной научно-технической конференции «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации». Дальрыбвтуз. Владивосток. 22.12.2021 г. с. 87-89.

71. Ортега, Дж. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений. Пер. с англ.; Под ред. Абрамова А.А. / Дж. Ортега, У. Пул - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986, 288 с.
72. Ольховский В. Е., Яковлев В. И., Меньшиков В. И. Математическое обеспечение автоматизации тралового и кошелькового лова. М.: Пищевая промышленность, 1980. 167 с.
73. Платов А. Ю. Методика расчета расхода топлива при равномерном движении судов с дизельными двигателями. Управление на транспорте. – Н. Новгород: Волж. Гос. Акад. водн. трансп. – 1999. – Вып. 287. – с. 181 – 185.
74. Поляничко В.И. Особенности вертикального распределения и поведения японской скумбрии и дальневосточной сардины по данным гидроакустических исследований 2015–2016 гг. Материалы V науч.-практ. конф. молодых учёных с межд. участием. «Современные проблемы и перспективы рыбохозяйственного комплекса». Москва, 17–18 апреля 2017 г. М.: Изд-во ВНИРО. с. 221–227.
75. Приказ Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 2798-р «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» - URL: <http://government.ru/docs/38448/> (дата обращения 10.04.2021).
76. Розенштейн М. М. О влиянии скорости траления на уловистость трала. Труды Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства. - 1964 г. - 17. - с. 226 - 240.
77. Розенштейн М.М. Механика орудий рыболовства. Калининград: КГТУ, 2000. - 363с.
78. Розенштейн М.М. Проектирование орудий рыболовства. Калининград: КГТУ, 2009. - 400 с.
79. Розенштейн М.М., Савин М.В. Исследование задачи оптимизации конструктивных характеристик тралов. Известия КГТУ. 2014. - № 35. - с. 86-90.
80. Саврасов В. К. Влияние некоторых факторов на производительность пелагических тралов. Рыбное хозяйство. – 1976 г., № 6 с. 47 - 49.

81. Соловьев А.А., Шугай С.Н. Применение метода пропорциональной навигации для прицельного облова подвижных рыбных скоплений. Вестник МГТУ. Том 13, №4 2010. С. 706-711.
82. Татарников В.А., Астафьев С.Э., Оруженко С.С. Обоснование параметров близнецового лова дальневосточной скумбрии и дальневосточной сардины среднетоннажными судами с учетом их промыслово-биологических характеристик. Труды ВНИРО. Том 184. 2021 г.– с. 23-31.
83. ФГБНУ «ВНИРО» ТИНРО. Оперативная информация. Промысловые прогнозы. Оперативная информация и прогноз промысловой обстановки в районе добычи сайры, сардины и скумбрии. [Электронный ресурс]. <http://tinro.vniro.ru/ru/uslugi-i-produktsiya/promyslovye-prognozy/uslugi-po-prognozam/>. (дата обращения 06.11.2021 г.).
84. Фридман А. Л. Проектирование орудий промышленного рыболовства методами теории подобия. Тр. КТИРПиХ. - 1964 г. - 17. с. 147-159.
85. Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 328 с.
86. Федеральное агентство по рыболовству. Инфографика. [Электронный ресурс]. <http://fish.gov.ru/obiedinennaya-press-sluzhba/infografika/>. (дата обращения 12.10.2021).
87. Хоружий А.А., Сомов А.А., Емелин П.О. и др. Появление высокоурожайных поколений японской скумбрии и дальневосточной сардины в прикурильских водах северо-западной части Тихого океана. Рыб. хоз-во. - 2015. - № 6. - с. 74-77.
88. Шевченко А.И., Астафьев С.Э., Волотов В.М., Татарников В.А. Результаты Российско-Японских исследований в области промышленного рыболовства 90-х годах. Вопросы рыболовства. 2005. Т. 6. №3 (23). с. 427-442.
89. Шевченко А.И., Татарников В. А. Обоснование оптимальной конструкции гидродинамического устройства для оснастки верхней подборы трала. Известия ТИНРО. Том 135. 2003 г. - с. 356-381.

90. Шевченко А.И. Пути повышения селективности промысла минтая. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2004. 98 с.
91. Шунтов В.П. Об упрощенных трактовках лимитирующих факторов и динамике численности некоторых промысловых рыб Дальневосточных вод. Известия ТИНРО. Владивосток. Том 189. - 2017. с. 35-51.
92. Шунтов В.П., Иванов О.А. «неверная рыба» или неверные гипотезы: что происходит с nektonом прикурильских океанических вод? Известия ТИНРО. Том 201, вып.1. 2021. с. 3-23.
93. Юрасов Г.И., Яричин В.Г. Течения Японского моря. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. – 176 с.
94. Ятчук К.В. Метод корректировки индивидуальных норм расхода топлива по элементам рейса. Материалы IX Международной научно-технической конференции. «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем востоке». Сибирский государственный университет путей сообщения. Новосибирск, 2017. - с. 281-283.
95. Boitsov A.N., Osipov E.V., Shevchenko A.I., Lisienko S.V., Valkov V.E. Development of the trawl controlled system with flexible spreading devices. Journal of mechanics of continua and mathematical sciences, Special Issue, No.-10, June (2020) 619-636. (https://www.journalimcms.org/special_issue/development-of-the-trawl-controlled-system-with-flexible-spreading-devices/).
96. Chen, Yinglong & Zhou, Hua & Zhao, Yong-gang & Hou, Jiao-yi. (2014). Fuzzy robust path tracking strategy of an active pelagic trawl system with coordinated ship and winch regulation. Journal of Central South University. 21. 167-179. 10.1007/s11771-014-1928-1.
97. Hua & Chen, Yinglong & 杨华勇, 华, Hua-yong. (2013). Robust optimal output tracking control of a midwater trawl system based on T-S fuzzy nonlinear model. China Ocean Engineering. 27. 10.1007/s13344-013-0001-4. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s13344-013-0001-4>).
98. Hu, Fuxiang & Oozeki, Yoshioki & Tokai, Tadashi & Matuda, Ko.

(2001). Scale model of a new midwater trawl system for sampling pelagic larval and juvenile fish. *Fisheries Science*. 67.254-259.10.1046/j.1444-2906.2001.00247.

99. H. Zhou, Y.-L. Chen, and H.-Y. Yang, Robust optimal output tracking control of a midwater trawl system based on T-S fuzzy nonlinear model, *China Ocean Engineering*, vol. 27, no. 1, pp. 1–16, 2013.

100. J. Prat, J. Antonijuana, A. Folchb, A. Salac, A. Lucchetti, F. Sardà, A. Manuel. A simplified model of the interaction of the trawl warps, the otterboards and netting drag. *Fisheries Research* 94 (2008). pp. 109–117.

101. K. J. Reite, Modeling and control of trawl systems [Ph.D. thesis], Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2006. (http://www.cesos.ntnu.no/attachments/078_S20_K.-J.%20Reite.pdf)

102. Lovas, Havard & Sørensen, Asgeir & Ludvigsen, Martin. (2020). Framework for Combining Multiple Lightweight Underwater Vehicles into Super Underwater Vehicle. 1-6. 10.1109/AUV50043.2020.9267887. (<https://ieeexplore.ieee.org/document/9267887>) (дата обращения 23.05.2021).

103. Ming-Fu Tang, Guo-Hai Dong, Tiao-Jian Xu¹, Yun-Peng Zhao, Chun-Wei Bi. Numerical Simulation of the Drag Force on the Trawl Net/ *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 17:1219-1230 (2017).

104. Miyazaki Y., Takahashi T. Basic investigations on the resistances of fishing nets. The resistance of plane nets /Y. Miyazaki, T. Takahashi - J. Tokyo University of Fisheries, Vol. 50. 1964. № 2. P. 96-103.

105. Nichimo Co., Ltd., URL: <http://www.nichimo-marine.jp/products/trawls/index.html> (дата обращения 30.07.2021)

106. O'Neill, F. G. 1997 Differential equations governing the geometry of a diamond mesh cod-end of a trawl net. *ASME J. Appl. Mech.* 64, 7-14.

107. Paschen, M. Flow investigations of net panels for small angles of attack. M. Paschen, H. Knuths, H-J. Winkel, E. Ristow. DEMAT '07. International workshop - Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems DEMAT 2007. 2007. Rostock. Germany. pp. 23-34.

108. Similarity Methods in Engineering Dynamics. Theory and Practice of

Scale Modeling. Edited by Wilfred E. BAKER, Peter S. WESTINE, Franklin T. DODGE. Volume 12, Pages 1-384 (1991)

109. Suzuki, K. Validity and visualization of a numerical model used to determine dynamic configurations of fishing nets / K. Suzuki, T. Takagi, T. Shimizu, T. Hiraishi, K. Yamamoto, K. Nishimoto. FISHERIES SCIENCE. EBSCO Publishing. 2003. pp. 695-705.

110. Trawl fishing gear and trawl fishing method. Patent US 5444933. Inventor: Hiromi Kinoshita, Yoshiki Matsushita, Yoshihiro Inoue, Zykin V. Ignatyevich, Kim I. Dmitrievich, Boytcov A. Nikolaevich, Visyagin O. Anatolyevich.

111. US 5444933 A, 1995-08-29, (Trawl fishing gear and trawl fishing method. Hiromi Kinoshita, Yoshiki Matsushita, Yoshihiro Inoue, Zykin V. Ignatyevich, Kim I. Dmitrievich, Boytcov A. Nikolaevich, Visyagin O. Anatolyevich).

112. US 2015075056 A1, 2015-03-19 (Otter board. Tokyo University of Marine Science and Technology Nichimo Co., Ltd.).

113. US 10070633 B2, 2018-09-11 (Otter board. Tokyo University of Marine Science and Technology Nichimo Co., Ltd.).

114. Y. L. Chen, Research on Modeling and Control Strategies for the Trawling System, Zhejiang University, Hangzhou, China, 2013.

Приложение А

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU2019666311

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства): 2019666311 Дата регистрации: 06.12.2019 Номер и дата поступления заявки: 2019664952 20.11.2019 Дата публикации и номер бюллетеня: 06.12.2019 Бюл. № 12 Контактные реквизиты: oev@mail.ru	Автор(ы): Осипов Евгений Валерьевич (RU), Бойцов Анатолий Николаевич (RU), Пилипчук Дмитрий Анатольевич (RU), Вальков Владимир Евгеньевич (RU) Правообладатель(и): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» (ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз») (RU)
---	--

Название программы для ЭВМ:

Расчёт характеристик горизонтальных гибких распорных устройств траловой системы

Реферат:

Программа предназначена для расчёта проектных характеристик горизонтальных гибких распорных устройств траловых систем. Реализованы два варианта: если для данной траловой системы имеются рекомендованные траловые доски, программа рассчитывает гибкие распорные устройства для их замены; если имеется трал и необходимо к нему подобрать горизонтальные гибкие распорные устройства. В случае установки системы динамического управления раскрытием траловой системы при тралении, программа позволяет рассчитывать характеристики управляющей лебёдки. Программа может быть использована на фабриках постройки орудий рыболовства, на предприятиях, занимающихся добычей, в учебном процессе рыбохозяйственного вуза, колледжа, техникума. ОС: Linux.

Язык программирования: HTML5

Объем программы для ЭВМ: 5,5 Кб

Приложение Б

Сопротивление траловой системы с ГРУ и их влияние на экономию топлива, для судна типа РТМС, при промысле сардины - иваси тралом 118/620.

Сопротивление		Сопротивление			Тяговое усилие		Относительная нагрузка		Расход топлива		Экономия топлива
доска	гру	трал с досками	трал с гру	меньше на, %	трал с досками	трал с гру	трал с досками	трал с гру	трал с досками	трал с гру	
9,36	1,39	133,082704	113,6885	14,6%	13,57066	11,593	0,5494194	0,469352254	0,551855	0,4769	0,074955
9,88	1,46	134,122704	113,7585	15,2%	13,67671	11,60014	0,55371294	0,469641242	0,555908	0,477168	0,078739
10,4	1,54	135,162704	113,8385	15,8%	13,78276	11,6083	0,55800648	0,469971515	0,559964	0,477475	0,082489
10,92	1,62	136,202704	113,9185	16,4%	13,88881	11,61645	0,56230002	0,470301787	0,564024	0,477782	0,086242
11,44	1,7	137,242704	113,9985	16,9%	13,99486	11,62461	0,56659356	0,47063206	0,568087	0,478089	0,089999
11,96	1,78	138,282704	114,0785	17,5%	14,10091	11,63277	0,57088711	0,470962332	0,572154	0,478396	0,093759
12,48	1,85	139,322704	114,1485	18,1%	14,20696	11,63991	0,57518065	0,47125132	0,576224	0,478664	0,09756
Среднее снижение сопротивления				16,3%					Средняя экономия топлива		8,62%

Сопротивление траловой системы с ГРУ и их влияние на экономию топлива, для судна типа БАТМ, при промысле сардины - иваси тралом 118/620.

Сопротивление		Сопротивление			Тяговое усилие		Относительная нагрузка		Расход топлива		Экономия топлива
доска	гру	трал с досками	трал с гру	меньше на, %	трал с досками	трал с гру	трал с досками	трал с гру	трал с досками	трал с гру	
9,36	1,39	271,937806	251,0964	7,7%	27,72994	25,60471	0,54372429	0,502053079	0,546484	0,507369	0,039115
9,88	1,46	272,977806	251,1664	8,0%	27,83599	25,61185	0,54580371	0,50219304	0,548444	0,5075	0,040944
10,4	1,54	274,017806	251,2464	8,3%	27,94204	25,62	0,54788314	0,502352995	0,550405	0,507649	0,042756
10,92	1,62	275,057806	251,3264	8,6%	28,04809	25,62816	0,54996256	0,502512951	0,552367	0,507799	0,044568
11,44	1,7	276,097806	251,4064	8,9%	28,15414	25,63632	0,55204198	0,502672906	0,55433	0,507948	0,046382
11,96	1,78	277,137806	251,4864	9,3%	28,26019	25,64448	0,5541214	0,502832862	0,556293	0,508098	0,048196
12,48	1,85	278,177806	251,5564	9,6%	28,36624	25,65161	0,55620082	0,502972823	0,558258	0,508229	0,050029
Среднее снижение сопротивления				8,6%					Средняя экономия топлива		4,46%

Сопротивление траловой системы с ГРУ и их влияние на экономию топлива, для судна типа РТМ, при промысле сардины - иваси тралом 118/620.

Сопротивление		Сопротивление			Тяговое усилие		Относительная нагрузка		Расход топлива		Экономия топлива
доска	гру	трал с досками	трал с гру	меньше на, %	трал с досками	трал с гру	трал с досками	трал с гру	трал с досками	трал с гру	
9,36	1,39	180,784204	161,39	10,7%	18,43486	16,4572	0,53279938	0,475641617	0,578322	0,531427	0,46895
9,88	1,46	181,824204	161,46	11,2%	18,54091	16,46434	0,53586442	0,475847918	0,580868	0,531594	0,049274
10,4	1,54	182,864204	161,54	11,7%	18,64696	16,4725	0,53892946	0,476083691	0,583418	0,531786	0,051632
10,92	1,62	183,904204	161,62	12,1%	18,75301	16,48065	0,5419945	0,476319463	0,585971	0,531977	0,053994
11,44	1,7	184,944204	161,7	12,6%	18,85906	16,48881	0,54505955	0,476555236	0,588527	0,532168	0,056359
11,96	1,78	185,984204	161,78	13,0%	18,96511	16,49697	0,54812459	0,476791008	0,591086	0,532359	0,058727
12,48	1,85	187,024204	161,85	13,5%	19,07116	16,50411	0,55118963	0,476997309	0,593648	0,532526	0,061122
Среднее снижение сопротивления				12,1%					Средняя экономия топлива		5,40%

Приложение В

Акт о внедрении результатов диссертационного исследования в учебный процесс



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет»
(ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»)

Луговая ул., д. 52 б, г. Владивосток, Приморский край, 690087,
Тел 8(423)244-03-06, факс 8(423)244-24-32; 244-12-39
E-mail: office@dgtru.ru; http://www.dalrybvtuz.ru
ОКПО000471515 ОГРН 1022501915061
ИНН/КПП 2538008586/253801001

УТВЕРЖДАЮ
Директор по учебной и
воспитательной работе,
к.ф.н. доцент
Т.А. Жук
2022 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы
Валькова Владимира Евгеньевича
«Совершенствование технологии тралового промысла дальневосточной
сардины (иваси)» в учебный процесс

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационной работы В.Е. Валькова, посвященной повышению эффективности использования траловых систем на пелагическом промысле, а именно, использования гибких распорных устройств на промысле дальневосточной сардины (иваси), разработанные и предложенные методы управления траловыми системами для дифференцированного облова промысловых скоплений, использованы в учебном процессе для направления подготовки 35.03.09 «Промышленное рыболовство» по следующим разделам дисциплины «Устройство и эксплуатация орудий рыболовства»: 1 «Управление поведением объекта промысла. Методы повышения эффективности промысла» 3 «Отцеживающие орудия рыболовства» при проведении лекционных и практических занятий по расчёту проектных характеристик горизонтальных гибких распорных устройств траловых систем по вариантам:

- расчет гибких распорных устройств в случае замены в траловой системе имеющихся рекомендованных траловых досок;

- осуществление подбора горизонтальных гибких распорных устройств с целью повышения эффективности работы как самого трала, так и всей траловой системы.

Объем внедренных компонентов составляет 6 часов для очной формы обучения, 3 часа для заочной формы обучения.

Для направления подготовки 35.04.08 «Промышленное рыболовство» уровень магистратуры в учебном процессе использована разработанная методика управления траловой системой на примере промысла дальневосточной сардины (иваси) в разделе 3 «Рыболовные системы высшего уровня» дисциплины «Рыболовные системы» в объеме 6 часов для очной формы обучения, 2 часа для заочной формы обучения.

Начальник учебно-методического
управления

О.В. Хмелева

Начальник научного управления

О.И. Шестак

Заведующий кафедрой
«Промышленное рыболовство»

С.В. Лисиенко

Заместитель директора института
рыболовства и аквакультуры по
учебно-методической работе

Д.А. Пилипчук

Приложение Г

Акт внедрения результатов исследования



690012, г. Владивосток,
ул. Калинина, 243 Г, а/я 12183
Тел./факс: (423) 227-28-11, 227-33-31
E-mail: ribs nast@mail.ru

р/сч 40702810550260105310
в Дальневосточном банке ПАО «Сбербанк»
г. Хабаровск БИК 040813608
к/с 301018106000000608
ИНН 2537036157 КПП 253701001

А К Т

о возможности внедрения результатов диссертационного исследования
Валькова Владимира Евгеньевича на тему «Совершенствование
технологии тралового промысла дальневосточной сардины (иваси)»

Настоящим актом удостоверяется, что методика расчета прочностных характеристик гибких распорных устройств, в т.ч. выбор нити сетного полотна, материала для изготовления рабочей поверхности гидродинамических устройств и стрингеров имеет практическое значение и позволяет решать задачи проектирования, разработки проектной документации по изготовлению гибких распорных устройств, а также их производства в полном объеме. Данная методика может быть использована на фабрике орудий рыболовства для изготовления гидродинамических распорных устройств, являющихся важным элементом траловой системы.

Генеральный директор
ООО «Приморрыбснасть»



Родионова И.Н.

Приложение Д

Акт внедрения результатов исследования

Общество с ограниченной ответственностью
«Пасифик Марин Тролерз»

690091, Приморский край, город Владивосток, улица Пологая, дом 53, кабинет 202
ИНН 2538134220 КПП 254001001 ОГРН 1092538008903

АКТ

о целесообразности использования
результатов диссертационного исследования
Валькова Владимира Евгеньевича
«Совершенствование технологии тралового промысла
дальневосточной сардины (иваси)»
в практической деятельности добывающих судов

Настоящим подтверждаю, что результаты диссертационного исследования Валькова А. Е. «Совершенствование технологии тралового промысла дальневосточной сардины (иваси): обоснование использования горизонтальных гибких распорных устройств (ГДУ) в траловых системах взамен используемых в настоящее время на этом виде промысла траловых досок; разработанные методика управления ими и программные инструменты для расчета их проектных характеристик, позволяющих усовершенствовать технологию тралового лова дальневосточной сардины (иваси) и повысить его эффективность, являются актуальными и реализуемыми в практической деятельности добывающих судов ООО «Пасифик Марин Тролерз».

Подтверждена целесообразность использования названных (перечисленных) научно-обоснованных разработок при организации работы добывающих судов ООО «Пасифик Марин Тролерз», на запланированном в 2022 г. совместном промысле дальневосточной сардины (иваси) и скумбрии.

Генеральный директор



Леонов Сергей Ильич