

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

Чуреев Евгений Андреевич

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УНИВЕРСАЛЬНОГО
РЫБОЛОВНОГО ТРАУЛЕРА ДЛЯ ПРИБРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА
В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ**

Специальность 2.5.18 – «Проектирование и конструкция судов»

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:
Орлов Олег Павлович
доктор технических наук,
профессор

Калининград

2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИБРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА НА БАЛТИКЕ	11
§ 1.1 Существующий промысловый флот и структура его работы	11
§ 1.2 Район промысла и структура промысловой базы	17
§ 1.3 Гидрометеорологические условия промыслового района	23
§ 1.4 Береговая инфраструктура	29
Выводы по главе 1	31
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО МРТ ДЛЯ ПРИБРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА НА БАЛТИКЕ. ПРОЕКТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНА	32
§ 2.1 Промысловая схема и орудия лова для добычи биоресурсов в Балтийском море	32
§ 2.2 Способ хранения улова	34
§ 2.3 Обоснование архитектурно-конструктивного типа перспективного судна	37
§ 2.4 Форма корпуса	44
§ 2.5 Техническое обоснование элементов технического задания на разработку концептуального проекта судна	47
§ 2.6 Разработка аванпроекта МРТ для обоснования возможности создания судна данного типа	59
§ 2.7 Уравнения проектирования	78
Выводы по главе 2	85
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ МРТ ДЛЯ БАЛТИКИ	86
§ 3.1 Анализ результатов аванпроекта проекта.	86
§ 3.2 Экспериментальные исследования на тихой воде	92
§ 3.3 Экспериментальные исследования на волнении	102
§ 3.4 Экспериментальные исследования судна аванпроекта	109
§ 3.5 Модернизация лабораторной базы	111
Выводы по главе 3	112

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТА МРТ ДЛЯ БАЛТИКИ	114
§4.1 Анализ исходных данных для определения главных размерений	114
§4.2 Уравнения проектирования.....	117
§4.3 Техничко-экономический расчет.....	122
§4.4 Результаты технико-экономического расчета.....	127
Выводы по главе 4.....	134
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	136
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Данные по малому и среднему промысловому флоту в Калининградской области.	149
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное) Статистические данные по уловам в Балтийском море	150
ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное) Гидрометеорологические параметры Балтийского моря	153
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное) Суда-прототипы, рекомендованные рыбопромышленными организациями Калининградской области	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное) Особенности архитектурно-конструктивного исполнения современных судов иностранной постройки, рекомендованных рыбопромышленными организациями Калининградской области	171
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное) Акт внедрения.....	173
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (обязательное) Патент на полезную модель	177
ПРИЛОЖЕНИЕ И (обязательное) Математическая модель судна и его жизненного цикла.....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ К (рекомендуемое) Техническое задание на эскизное проектирование малого промыслового судна для акватории Балтийского моря.....	200

ВВЕДЕНИЕ

Рыбодобывающая отрасль всегда являлась неотъемлемой частью Калининградской области. Промысловый флот, приписанный к порту Калининград, насчитывал несколько сотен единиц, и обеспечивал разнообразной рыбной продукцией не только местное население, но и другие регионы Советского Союза [1].

В настоящее время рыбодобывающая сфера занимает важное место в жизни региона. Несколько рыболовецких колхозов, работающих в Калининградском (Вислинском) и Куршском заливах, а также организации, ведущие морской и океанический промысел, совместно с рыбоперерабатывающими предприятиями и предприятиями аквакультуры образуют рыбный кластер региона.

В каждом из секторов рыбного кластера в Калининградском регионе имеются свои проблемы и задачи. Наибольший интерес представляет рыбодобывающий сектор, который включает в себя три основных направления: рыболовство во внутренних водных путях; прибрежное морское рыболовство в акватории Балтийского моря и добыча биоресурсов в открытых морях и океанах. Такое разделение можно обосновать, в первую очередь, использованием различных типов судов для ведения промысла.

Промышленное рыболовство во внутренних водных путях ведется, в основном, ставными сетями в акваториях Калининградского (Вислинского) и Куршского заливов силами рыболовецких колхозов и небольших частных организаций. Для ведения промысла используются небольшие суда – малые рыболовные боты и моторные лодки. Основную часть этого флота составляют малые рыболовные боты проекта 902 и его модификации 902Р и 902Т [2]. Общий вид и основные технические характеристики судна пр. 902Т представлены на рисунке 1 и таблице 1 соответственно [3].

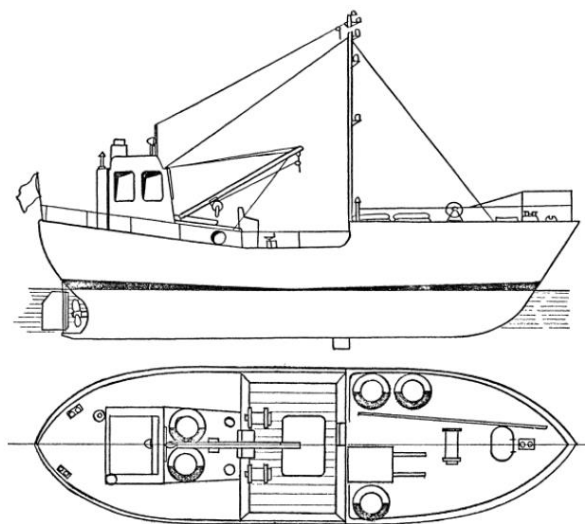


Рисунок 1 – Общий вид Малого рыболовного бота пр. 902Т

Таблица 1 – Основные технические характеристики судна пр. 902Т

№ п.п.	Характеристика	Значение
1	Длина наибольшая	10,7 м
2	Длина между перпендикулярами	9,40 м
3	Ширина наибольшая	3,00 м
4	Высота борта	1,20 м
5	Осадка по КВл	0,810 м
6	Водоизмещение	11,2 м ³

Добыча биоресурсов в открытых морях и океанах ведется на больших автономных судах типа БМРТ и БАТМ. Основными районами промысла для указанных судов является акватория Атлантического океана. Океанский промысел, помимо непосредственно добычи морских биоресурсов, включает в себя переработку и хранение улова. В совокупности с большой продолжительностью рейсов, данный вид промышленного рыболовства проводится за пределами Калининградского региона и не будет рассматриваться в данной работе.

Наиболее важным для региона представляется *рыболовство в прибрежной морской зоне*. Данный вид промысла должен обеспечить население свежей, либо охлажденной рыбой высокого качества с минимальной стоимостью, за счет географических особенностей Калининградского региона, однако техническое состояние существующего прибрежного флота вызывает определенные вопросы и опасение, связанные с его возрастом.

Вопросами создания и проектирования промысловых судов в последнее время занимались Н.Ю. Часовников [4], В.П. Иванов [5, 6]. Указанные работы были направлены на решение комплексных задач создания и оптимизации промыслового флота в целом в Российской Федерации. Кроме того, при проектировании судов необходимо учитывать труды Л.М. Ногида [7 - 11], А.И. Ракова [12- 14], Н.Б. Севастьянова [14, 15], С.И. Логачева [16 - 18], Ю.И. Нечаева [19, 20], С.В. Дятченко [21 - 24], Е.В. Маслюка [25, 26], В.В. Ярисова [27 - 29] и других специалистов [30 - 47]. Также вопросами проектирования промысловых судов для Социалистической Республики Вьетнам и Союза Мьянма занимались Дам В.Т. [48, 49], Зыонг В.Т. [50], Нго Д.Т. [51], Лвин А. С. [52], Нгуэн В.Х. [53], Май Н.Ч. [54], Лыонг Н. Х. [55]. Цели и задачи в указанных работах направлены на решения проблем создания промыслового флота в Юго-восточном регионе Азии, с соответствующей адаптацией под данный регион.

На основании вышеизложенного, **целью настоящей работы** является разработка концепции и проектное обоснование характеристик современного конкурентоспособного малого рыболовного судна (МРС) для заданного района промысла – Исключительной экономической зоны Балтийского моря.

Для достижения поставленной цели, применительно для Калининградского региона, должны быть решены следующие **основные задачи**:

- выполнить комплексный анализ технико-экономических условий прибрежного рыболовства на Балтике;

- разработать концепцию (облик) современного малого рыболовного судна (МРС) для прибрежного рыболовства в Балтийском море;
- выполнить и обобщить результаты экспериментальных исследований мореходности МРС для Балтики в опытовом бассейне;
- разработать аванпроект МРС для Балтики.

Объектом исследования настоящей диссертационной работы является малый рыболовный траулер для прибрежного рыболовства в Балтийском море.

Предметом исследования являются технические характеристики малого рыболовного судна для Балтики и способы их проектного обоснования. Также предметом исследования являются факторы, влияющие на рыболовство в заданном районе.

Методы исследования: методы теории проектирования судов и математической статистики, экспериментальные исследования физических моделей судов в опытовом бассейне, экономический анализ.

Основные научные результаты и их новизна:

- определены взаимоувязанные факторы, влияющие на проектные характеристики промысловых судов, для работы в заданном районе;
- разработана и испытана новая форма корпуса для малого рыболовного судна, обеспечивающая оптимизацию по ходкости без ущерба мореходности и наоборот;
- разработана и запатентована экспериментальная установка для опытового бассейна, необходимая для проведения модельных испытаний на остойчивость по схеме РМРС;
- получены уравнения проектирования применительно для данного типа судна, в том числе на основании экспериментальных исследований;
- обоснованы основные характеристики и общий вид конкурентоспособного в заданной акватории малого промыслового судна.

Практическая значимость работы связана с комплексным учетом взаимовязанных технико-экономических условий (ТЭУ) прибрежного рыболовства, определяющих ключевые факторы, влияющие на проектные характеристики малого рыболовного судна. Результаты экспериментальных исследований мореходности малых рыболовных траулеров (МРТ) в опытовом бассейне КГТУ рекомендуются для учета при проектировании других малотоннажных промысловых судов. Представленный в работе аванпроект судна предназначен для использования в качестве прототипа при разработке судов подобного класса и назначения. Полученные основные характеристики судна предназначены для использования в качестве исходных данных при последующих этапах проектирования.

На защиту выносятся:

Концепция современного МРТ для прибрежного рыболовства, учитывающая достижения в области мирового промыслового судостроения и комплекс ТЭУ прибрежного рыболовства на Балтике.

Результаты экспериментальных исследований мореходности малых рыболовных судов на тихой воде и волнении в условиях Балтийского моря.

Достоверность полученных результатов подтверждается значительным объемом собранного, обработанного и проанализированного материала, предоставленным Западно-Балтийским территориальным управлением Федерального агентства по рыболовству, подразделениями ФГБНУ «ВНИРО» и рыбодобывающими организациями; учетом и выполнением требований Правил классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра Судоходства; использованием штатных методик проведения испытаний в опытовом бассейне ФГБОУ ВО «КГТУ», приближенных к рекомендованным ИТТС (/ МКОБ - International Towing Tank Conference – Международная конференция опытовых бассейнов); использованием метрологически поверенного и калиброванного измерительного оборудования во время проведения экспериментальных исследований.

Апробация работы. Основные результаты работы были представлены на научно-практических конференциях различного уровня:

1. Конференция молодых ученых и специалистов, ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, 2015г.
2. V и VI Международные научные конференции «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии» в рамках V и VI Международного Балтийского Морского Форума, Калининград, 2017, 2018 гг.
3. Семинар кафедры кораблестроения ФГБОУ ВО «КГТУ»,
4. Межкафедральный семинар ФГБОУ ВО «КГТУ».

Внедрение результатов работы. Результаты работы были использованы ФГУП «Крыловский государственный научный центр» при выполнении Опытно-конструкторской работы по теме «Разработка концептуального проекта модернизации маломерного рыболовного траулера по типу пр.1328 («Балтика»), для Северо-Западного региона России, с вариантом использования в качестве основного топлива сжиженного природного газа (СПГ) и с возможностью использования функции прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений», шифр «Балтика», о чем свидетельствует соответствующий Акт.

Основные результаты работы используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» по направлению подготовки 26.03.02 – «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», о чем свидетельствует соответствующий Акт.

Также основные положения данной работы были использованы в проекте судна, разрабатываемого КБ «Адомат» (г. Светлый, Калининградская обл.), строительство которого началось в 2019 году.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 11 научных статей. Из них 5 изданы в журналах ВАК РФ. 6 публикаций (в том числе 2 в журналах, входящих в перечень ВАК) с долей автора 100%. 1 публикация в журнале из перечня ВАК имеет долю диссертанта 50%. 2 публикации

(в том числе 1 работа в журнале, входящих в перечень ВАК), имеет долю автора 33%. 2 публикации (в том числе 1 работа в журнале, входящих в перечень ВАК), имеет долю автора 25%.

Также по теме диссертации получен патент Российской Федерации на полезную модель с долей участия автора 33%.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 4-х глав и заключения, содержит 210 страниц, в том числе 20 таблиц, 59 рисунков, 2 страницы оглавления, список литературы из 114 наименований, а также 9 приложений на 73 листах.

ГЛАВА 1. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИБРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА НА БАЛТИКЕ

§ 1.1 Существующий промысловый флот и структура его работы

В Калининградской области, согласно регистрационной книге Российского морского регистра судоходства (РМРС) [56] и Регистрационной книге Российского Речного Регистра (РРР) (с июля 2022 года – Российское Классификационное Общество (РКО)) [57], на данный момент имеются 44 рыболовных судна различных классов. Для работы в прибрежной зоне Балтийского моря используются малые рыболовные суда.

В Приложении А представлены данные по промысловым судам из Регистрационных книг РМРС и РКО с дедвейтом до 150 тонн. Анализ данных таблицы показывает, что основную часть судов составляют малые рыболовные траулеры пр. 1328 типа Балтика. Также обращают на себя внимание даты постройки судов – самое молодое судно, работающее на Балтийском море – 1990 года, а самое старое – 1976 года. Таким образом, все имеющиеся суда практически исчерпали свой ресурс. Исключение составляет судно «За Родину», приобретенное одноименной организацией в 2017 году.

Судовладельцы отзываются о судах МРТК проекта 1328 типа «Балтика», как о хороших, но для своего времени. В условиях настоящего времени такому судну трудно конкурировать – оно не может в одиночку работать с современными высокоуловистыми тралами из-за малой мощности судовой энергетической установки, а использование «родных» тралов – не эффективно.

Судовладельцы ищут приемлемые решения. Например, работают с современным тралом близнецовым методом, модернизируют свои суда. К настоящему моменту только несколько МРТК модернизированы. Модернизация производилась в следующих направлениях: установка более мощного пропульсивного комплекса (замена главного двигателя (ГД) мощностью 220 кВт на 368 кВт; замена гребного винта); установка дополнительных дизель-генераторов

(ДГ) а также переоборудование трюма под хранение улова наливным способом, что позволило увеличить дедвейт с 30 до 56 тонн. Увеличение мощности дизель-генераторов позволило устанавливать на борту судна дополнительное оборудование, например, рыбонасос и генераторы льда.

Существует ряд факторов, из-за которых проектирование и строительство добывающих судов в России ведется очень медленными темпами. Это вызвано практическим отсутствием государственной поддержки развития промыслового флота прибрежного и внутреннего рыболовства за последние четверть века. В следствие этого, объёмы строительства малых судов в стране постоянно падают. Рыбопромышленные организации всех форм собственности, занимающиеся рыболовством и рыбоводством во внутренних водоёмах, стали использовать для этих целей списанный флот другого назначения, приспособлявая его для ведения промысла и обслуживания инфраструктуры аква- и марикультуры, или закупаая бывший в эксплуатации флот ведущих судостроительных стран. Западные рыбопромышленные компании с удовольствием продают рыболовные суда после 10-12 лет эксплуатации. Можно отметить, что при этом бывший в эксплуатации и морально устаревший на момент продажи зарубежный флот оказывается экономически более эффективным, чем старые суда отечественной постройки.

Для анализа возможностей имеющегося в регионе рыболовного флота, работающего в прибрежной зоне, необходимо обратиться к сведениям об использовании добывающего флота. Данные, любезно предоставленные одной из рыбодобывающих организаций Калининградской области за несколько лет годы (таблица 1.1.1) представлены ниже.

Данные в таблице 1.1.1 приведены по судам МРТК пр. 1328 типа «Балтика». Проанализировав данные, можно вывести средние временные периоды эксплуатации судна, работающего в Калининградском регионе (рисунок 1.1.1 и рисунок 1.1.2).

Таблица 1.1.1 – Сведения по использованию добывающего флота за несколько лет

№ п/п	Критерий	Показатель
1	Всего судов, шт.	7
2	Общее количество календарных судо-суток	2612 - 2710
3	Общее количество календарных судо-суток вне эксплуатации	391 - 472
3.1	В. т.ч. затраты времени на ремонт, судо-суток	331 - 426
4	Переходы из порта к районам промысла и обратно, судо-суток	166 - 320
5	Нахождение на промысле всего, судо-суток	1373 - 1560
5.1	В. т.ч. на лову, судо-суток	1114 - 1258
5.2	В. т.ч. на приеме и обработке рыбы, судо-суток	14 - 17
6	простои на промысле (гидрометеорологические причины) , судо-суток	245 - 285
7	Затраты времени в портах, судо-суток	495 - 545
7.1	В. т.ч. погрузочно-разгрузочные работы, судо-суток	250 - 301
7.2	В. т.ч. межрейсовое техническое обслуживание, судо-суток	223 - 240
7.3	В. т.ч. другие причины, судо-суток	5 - 21
8	Добыто рыбы и морепродуктов, т	11712,32 – 16568,33

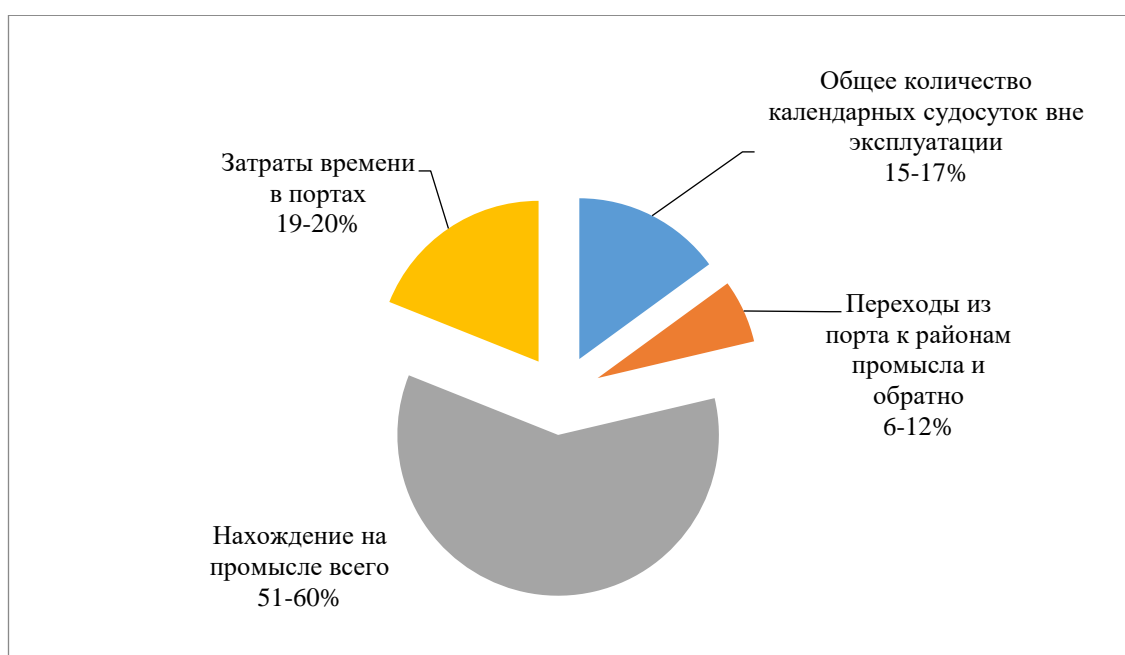


Рисунок 1.1.1 – Средние временные периоды эксплуатации судна

Основываясь на анализе Приложения А (Данные по малому и среднему промысловому флоту в Калининградской области), а также таблицы 1.1.1 и рисунка 1.1.1, можно сделать предположение, что при нынешнем состоянии и возрасте флота, работающего в Калининградском регионе, учитывая, что затраты времени в портах практически не изменены, период времени, когда судно находится вне эксплуатации (включительно ремонт всех видов) будет только расти, а значит меньше времени остается на промысел.

Помимо этого, необходимо рассмотреть режимы ведения промысла в зависимости от вида лова. Для этого обратимся к информации о работе промысловых судов отечественной и иностранной постройки на Балтийском море, предоставленной ФГБНУ "Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии" (приложение Б) [58].

Анализ информации, приведенный в приложении Б, показывает, что годовой вылов судна типа МРТК при нахождении на промысле в течение 150 – 160 суток достигает в последние годы 3 000 т. Рыбоналивные траулеры иностранной постройки добывают примерно столько же при меньших затратах суток промысла.

Донный траловый лов в основном осуществляют суда типа МРТК и МРТР. На донный траловый лов, как правило, приходится 85-92% всего вылова трески и до 90-95% камбалы. Чаще всего суда облавливают смешанные скопления донных рыб. Наиболее благоприятные периоды донного тралового промысла – с сентябрь по февраль. В марте – мае правилами рыболовства ограничен промысел речной камбалы, ее доля в уловах не должна превышать 30 % от вылова. В этот период суда вынуждены заниматься поиском участков, на которых облавливаются преимущественно треска, что часто снижает производительность лова. С 15 июня по 20 августа в связи с нерестом трески, ее специализированный промысел запрещен. В этот период, согласно правилам рыболовства, прилов трески при промысле других видов рыб не должен превышать 8% от общего вылова.

Среднегодовой вылов МРТК на донном траловом лове в 2009 – 2014 гг. находился в пределах 2 – 3 т на судо-сутки лова (таблица Б.3). В 2015 г. этот показатель увеличился, что, вероятно, связано с улучшением гидрологических условий.

Обычно в донном траловом лове участвуют те же суда, что и в пелагическом промысле, переключаясь с одного вида лова на другой. Исключительно донный промысел ведут только отдельные траулеры. Годовой вылов судов типа МРТР, которые ведут только донный траловый промысел при нахождении на промысле в течение 150 – 160 суток, составляет 600 – 750 т трески и камбалы.

На основании информации, приведенной выше и в приложении Б, можно произвести анализ среднего вылова на судо-сутки на донном и пелагическом промысле для судов типа МРТК (типа «Балтика») и для судов иностранной постройки на пелагическом промысле по месяцам. Сводная информация представлена на рисунке 1.1.2.

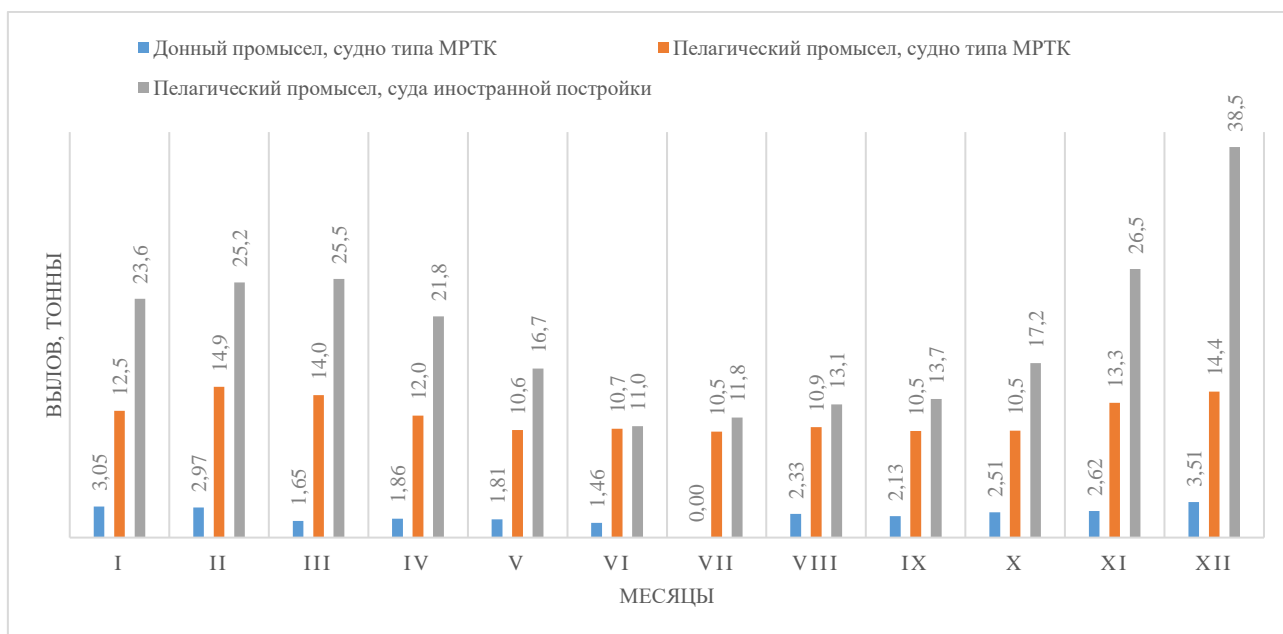


Рисунок 1.1.2 – Средний объем вылова на судо-сутки по месяцам

По данным, представленным на рисунке 1.1.2 можно судить о эффективности ведения промысла судами отечественных проектов. Суда иностранной постройки, применительно к пелагическому лову, являются в разы эффективнее. Среднесуточные выловы донных пород рыбы составляют от 1,5 до 3,5 тонн. Такие небольшие (относительно пелагического лова) значения объясняются особенностями промысловой схемы – необходимостью первичной обработки улова в первые часы вылова.

Для понимания технических возможностей существующего рыбодобывающего флота обратимся к данным Западно-Балтийского территориального управления Федерального агентства по рыболовству (ЗБТУ) по общим допустимым уловам в исключительной экономической зоне России в Балтийском море и фактическим выловам за последние 10 лет. Данные представлены в таблице Б.4 приложения Б.

Анализ информации, приведенной в таблице Б.4 приложения Б показал, что за последние 10 лет существующий промысловый флот в среднем выбирал 67,4% квот по кильке; 72,8% по салаке; 77,3% квот по треске и 86,4% квот по камбале.

Таким образом, можно констатировать, что в полном объеме квоты не облавливаются.

Необходимо обратить внимание, если такая тенденция сохранится, то часть объема квот будет передана от России другим странам, что в свою очередь нанесет ущерб интересам государства, поставит под угрозу продовольственную безопасность, а также приведет к полной потере промыслового флота на Балтике.

Для решения указанной проблемы необходимо обеспечить облов квот в полном объеме, повысив качество добываемых биоресурсов. Такую цель можно достигнуть только, создав новый конкурентоспособный и высокоэффективный рыбопромысловый флот.

Под словом «флот» в настоящем понимается, в первую очередь, проект универсального судна, способного эффективно работать в акватории Балтийского моря.

Рыбопромышленники готовы заказывать и строить новый флот, но в виду отсутствия приемлемых проектов, они вынуждены работать на том, что есть, в крайнем случае – при минимальной модернизации.

Указанная информация полностью коррелируется с Стратегией развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 августа 2019 года №1930-р, в соответствии с которой одной из стратегических целей является «Насыщение российского внутреннего рынка рыбопродукцией отечественного производства, повышение эффективности использования судов рыбопромыслового флота».

На основании вышеизложенного, нельзя не прийти к выводу о необходимости создания нового проекта судна для эффективного ведения промысла в акватории Балтийского моря.

§1.2 Район промысла и структура промысловой базы

Промышленное рыболовство в Балтийском море ведется в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) Российской Федерации в двух районах (согласно классификации ICES/ИКЕС – международный совет по исследованию моря) – юго-восточная часть (26 подрайон) и в Финском заливе (32 подрайон) Балтики [59]. Деление Балтийского моря на районы представлено на рисунке 1.2.1.

С точки зрения рыболовства, основное экономическое значение для региона имеет 26 подрайон. Более подробно 26 подрайон Балтийского моря представлен на рисунке 1.2.2, на котором отражены зоны пригодные для ведения промысла теми или иными орудиями лова.

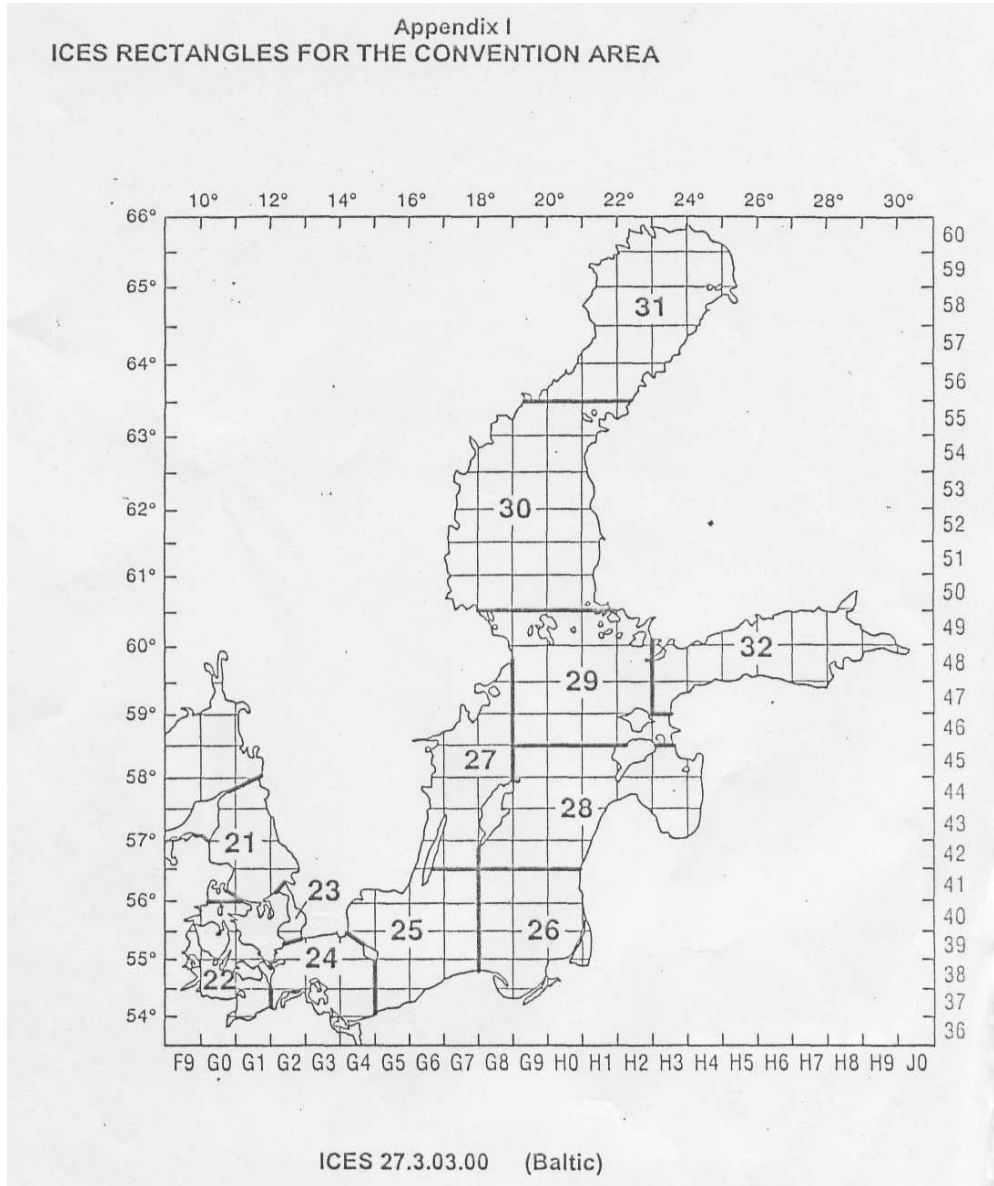


Рисунок 1.2.1 – Деление Балтийского моря на подрайоны, согласно ICES
(к ИЭЗ России относятся 26 и 32 подрайоны)

Анализируя указанный район, можно увидеть, что берега южной части Балтийского моря окаймлены широкой полосой отмели. Изобата 20 м удаляется на расстояние до 60 миль от береговой черты. Грунт в южной части Балтийского моря глубже изобаты 20 м преимущественно глина и ил; в пределах этой изобаты грунт главным образом состоит из песка; местами встречается камень, ил, ракушка, гравий.

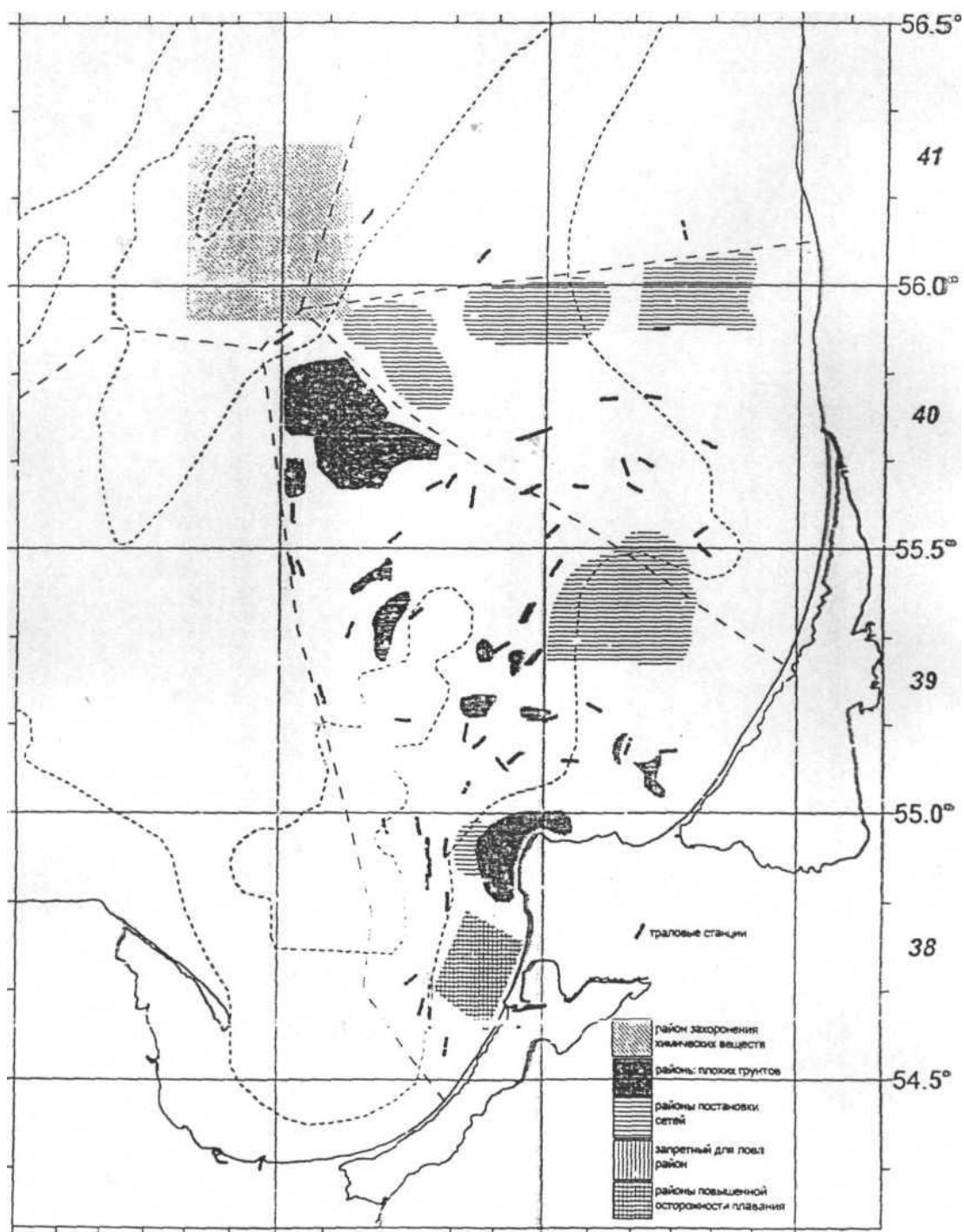


Рисунок 1.2.2 – Схема зон пригодных для лова придонных видов рыб в 26 подрайоне Балтийского моря

Примечание к рисунку 2.1.2: данная информация создана на основе международных донных траловых съемок, выполненных АтлантНИРО в 1999-2001 гг. В базе данных каждой трассе соответствует, как минимум, 6-8 спутниковых точек обсервации, курс траления и глубина места. Разреженным пунктиром показана российская исключительная экономическая зона в южной части Балтийского моря между зонами Литвы и Польши.

Говоря о сырьевой базе, необходимо отметить, что на Балтике водятся: окунь, плотва, густера, лещ, язь, елец, сырть (рыбец), щука, судак, налим, угорь. В некоторых прибрежных районах, близких к устьям рек, встречается ерш, и даже пескарь. В отдалении от берегов, на глубине (свыше 10–15 м), где вода более соленая, обитает морская рыба: треска, камбала, бычок, бельдюга, балтийская сельдь (салака), шпрот (килька). Из лососевых рыб, хотя и нечасто, встречаются балтийский лосось (вид семги), морская форель (кумжа), сиг.

Согласно данным ФГБНУ "Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии" в водах Балтийского моря вводится 116 видов рыб, но промысловое значение с квотами для Российской Федерации имеют только 11 видов (см. таблица 1.2.1), вылов которых регламентируется.

Таблица 1.2.1 – Промысловые породы рыб с объемом квот в 26 подрайоне Балтики

Наименование породы рыб	Объем квот (по данным на 2020 год)
Килька (Шпрот)	46 474,9 тонн
Салака	24 431,6 тонн
Треска	5 236,5 тонн
Камбала	1 678,7 тонн
Лещ	-
Щука	-
Сиг	-
Корюшка	-
Миноги	-
Угорь	-
Балтийский лосось	-

Реальная промышленная сырьевая база промысла представлена двумя основными группами рыб:

– пелагические рыбы (мелкосельдевые) - шпрот (килька), балтийская сельдь (салака);

– донные рыбы – треска, речная камбала.

Одним из основных элементов регулирования промысла перечисленных объектов является установление научно обоснованных объемов общих допустимых уловов (ОДУ). В настоящее время рыболовство в Балтийском море осуществляется двумя субъектами – Россией и Евросоюзом. Поскольку договоренностей между этими двумя сторонами о распределении ОДУ пока нет, Россия устанавливает ОДУ для своих судовладельцев практически в одностороннем порядке. Вместе с тем ОДУ, устанавливаемые Российской стороной, в основном согласуются с рекомендациями соответствующих рабочих групп ИКЕС, в деятельности которых российские специалисты активно участвуют.

Согласно оценкам ИКЕС, запас шпрота в последние годы, несмотря на межгодовые колебания, в целом находится на уровне выше биологически безопасного, ОДУ в последние годы имеет тенденцию к увеличению (табл. Б.4 приложения Б). Запас балтийской сельди имеет тенденцию к росту и в настоящее время впервые за последние 25 лет стал занимать по своей величине первое место среди основных промысловых видов рыб Балтийского моря (нерестовая биомасса в 2015 г. – 1000 тыс. т, при средней многолетней величине за период 1974-2014 гг. – 938 тыс. т). Величина ОДУ сельди для российских пользователей на 2016 – 2017 гг. является максимальной за последние 10 лет.

Современное состояние природных компонентов экосистемы Балтийского моря, а также тенденции их изменений в перспективе (согласно модельным сценариям регионального изменения климата) наиболее благоприятны для развития популяции шпрота, в меньшей степени для сельди.

Промысел шпрота и сельди в Балтийском море ведется разноглубинными тралами с судов типа МРТК и МРТР. Общая численность флота на пелагическом промысле около 30 единиц. Промысел ведется круглогодично, обычно эксплуатирует смешанные скопления шпрота и сельди. Основу уловов составляет преимущественно шпрот, сельдь добывают в качестве прилова, однако в последние годы, в связи с ростом биомассы сельди периодически появляются возможности ведения ее специализированного промысла. Экономически

наиболее эффективен промысел мелкосельдевых в первом и четвертом кварталах. В летний период скопления шпрота часто бывают рассредоточены, кроме того ухудшается качество сырья из-за активного питания рыбы.

Промысел донных видов проходит только в юго-восточной части Балтийского моря. Основными промысловыми объектами являются треска и речная камбала. Промысел ведется донными тралами и, в значительно меньшей степени, якорными сетями.

В начале текущего столетия существовала проблема катастрофического снижения запасов балтийской трески до такого уровня, что стали появляться вполне обоснованные предложения о полном закрытии промысла данного объекта лова. После отмеченного в 2005 г. исторически минимального уровня, величина запаса восточно-балтийской трески в последние годы заметно увеличилась. Основной причиной позитивных изменений состояния популяции трески являлось, с одной стороны, значительное уменьшение пресса промысла в результате принятых мер по регулированию, с другой, относительно высокий уровень пополнения в 2006-2008 гг., связанный с улучшением абиотических условий. В Гданьской впадине (район нереста и российского промысла трески), было отмечено улучшение условий для воспроизводства трески и интенсификация нереста на данной акватории.

Однако в Готландской части нерестового ареала трески, при крайней редкости достаточно мощных североморских адвекций, характерной чертой в последние годы являлась стагнация, и размножение трески было лимитировано низкими значениями кислорода. По данным последних исследований, отмеченное увеличение запаса трески Балтийского моря прекратилось.

Рабочая группа ИКЕС по оценке запасов рыб и рыболовства в Балтийском море констатирует неопределенность в оценке запаса восточно-балтийской трески, что затрудняет получение необходимых для составления прогноза значений общей и нерестовой биомасс. Динамика ОДУ трески для российских пользователей приведена в табл. Б.4 Приложения Б.

Биомасса нерестового запаса речной камбалы в юго-восточной части Балтийского моря (26-й подрайон ИКЕС) и ОДУ в последние годы находятся на относительно стабильном уровне (см. табл. Б.4, Приложение Б).

Распределение квот на добычу рыбных биоресурсов, для наглядности, можно увидеть на рисунке 1.2.3.

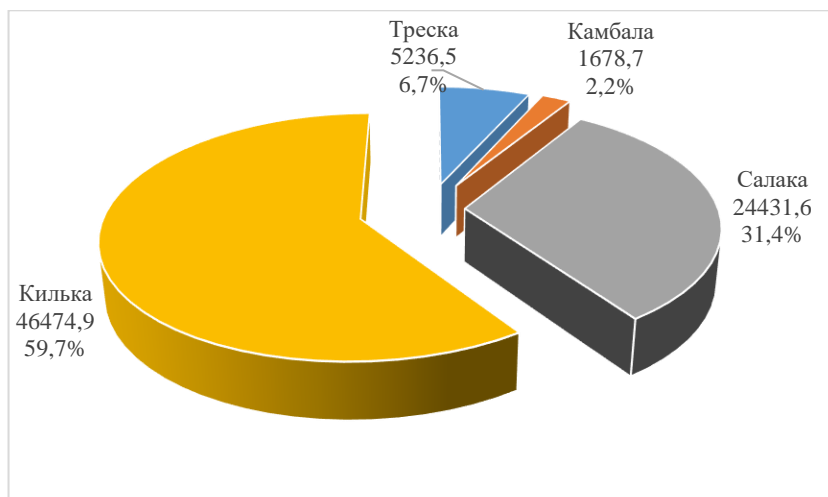


Рисунок 1.2.3 – Данные промысловых квот по состоянию на 2020 год

§1.3 Гидрометеорологические условия промыслового района

Зачастую в работу рыбаков вмешивается капризная Балтийская погода. Анализ структуры работы имеющегося промыслового флота (§1.1) показал, что время простоя судов на промысле из-за гидрометеорологических условий составляет 9-10%. Минимизация времени простоя промысловых судов на промысле позволит увеличить эффективность судов. Для возможности учета гидрометеорологических условий района промысла в процессе проектирования необходимо понимание ветро-волновой картины Балтийского моря.

Такая информация содержится в Справочных данных по режиму ветра и волнения, издания Российского Морского Регистра Судоходства 2006 [60]. Для актуализации информации были получены и обработаны данные из Атлантического отделения Института океанологии РАН им. П.П. Ширшова. Также эти данные были опубликованы в [61].

В исследовании используются данные по скорости ветра на высоте 10 м. Время, при котором были взяты значения, соответствует 00 часам 00 минутам.

Значения высоты волнения были взяты в трёх временных точках: 06:00, 12:00, 18:00 каждых суток.

Для определения значений по скорости ветра и волнению Балтийское море было поделено на 6 зон: А, Б, В, Г, Д, Е. Деление Балтийского моря на районы представлено на рисунке 1.3.1.

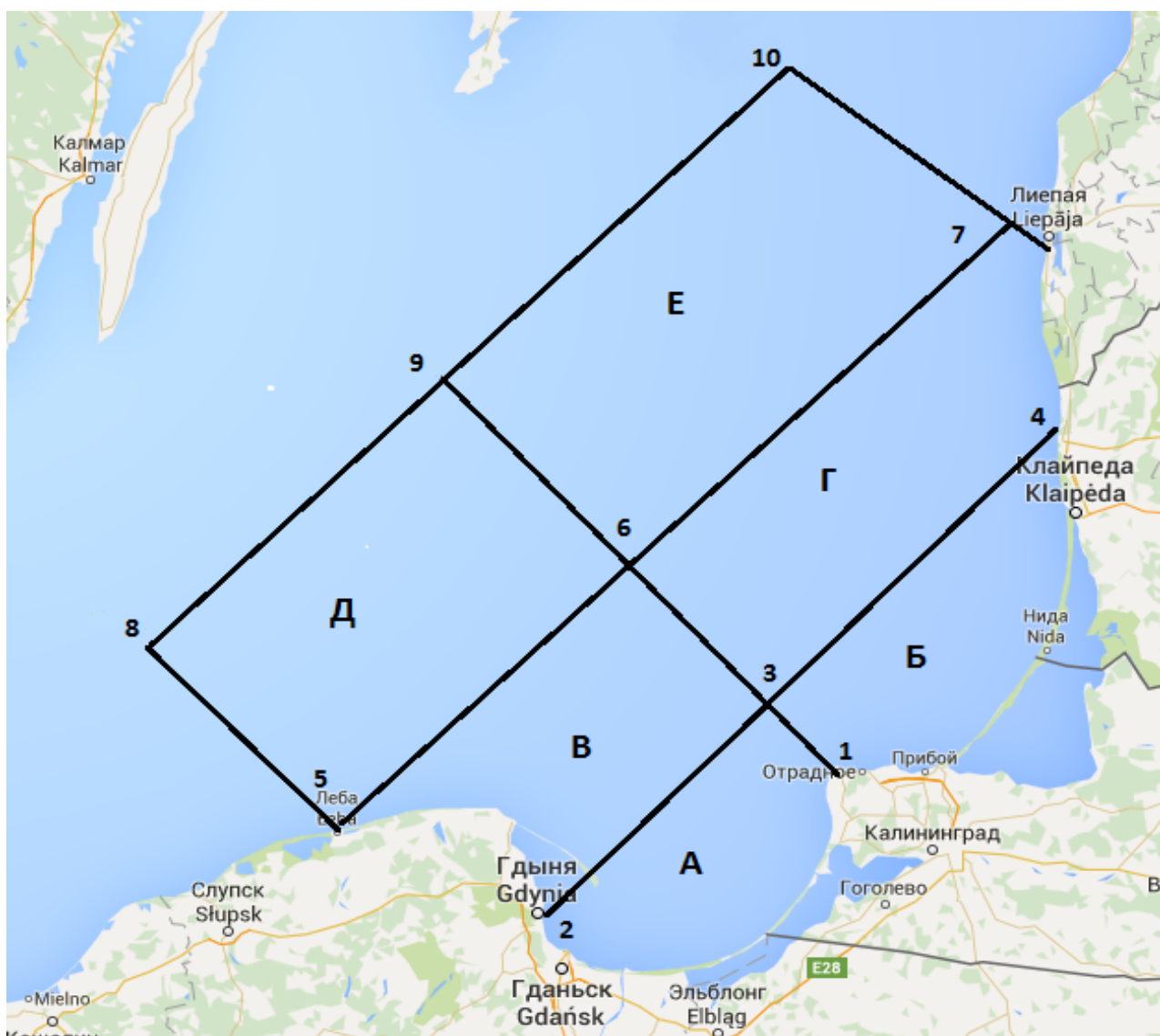


Рисунок 1.3.1 – Деление Балтийского моря на районы

Были проанализированы данные за период с апреля 2012 по апрель 2015 годов. По каждому месяцу для каждого района были найдены средние, минимальные и максимальные значения. Характеристики скоростей ветра указаны в таблице В.1 Приложения В.

На базе представленных данных, были построены графики распределения минимальных, максимальных и средних значений скоростей ветра по районам Балтийского моря. Графики представлены на рисунках В.1 – В.6 Приложения В.

Данные по волнению были проанализированы за период с мая 2013 года по май 2015 года. По каждому месяцу были найдены минимальные, средние и максимальные значения высоты волны. Так как в нашем распоряжении данные, измеренные 3 раза в сутки (6:00; 12:00; 18:00), то обработка проводилась по условным зонам для каждого времени. Результаты обработки данных представлены в таблице В.2 Приложения В.

На базе данных, представленных в таблице В.2, были построены графики распределения минимальных, максимальных и средних значений высоты волнения по районам Балтийского моря. Графики представлены на рисунках В.7 – В.12.

Сопоставив данные рисунка 1.3.1 (Деление Балтийского моря на районы для мониторинга ветро-волновых параметров) и рисунка 1.2.1 (Деление Балтийского моря на подрайоны, согласно ICES), можно увидеть, что территория 26 подрайона Балтийского моря входит во все районы, в которых были произведены замеры волнения и ветра.

Поскольку эксплуатация судов не ограничивается каким-либо определенным районом Балтики, целесообразно рассчитать порайонно средние значения максимальных и осредненных показателей скоростей ветра в Балтийском море.

Результат аналитических расчетов, выполненных на основании данных приложения В, представлен по осредненным значениям скоростей ветра в таблице 1.3.1 и, для наглядного восприятия, на рисунке 1.3.2, а для средних и максимальных значений высот волн – в таблице 1.3.2 и рисунке. 1.3.3.

Основываясь на приведенных данных, при разработке нового судна для работы на Балтике, можно увидеть, что в среднем волнение на Балтике нахо-

дится в диапазоне 0,6 – 1,6 метра круглый год. Максимальные значения волнения при этом различаются от сезона: в летний период (апрель – август) лежат в диапазоне 1,7 – 2,5 метра, а в зимний период – 2,8 – 5,2 метра, причем самые большие значения (4,9 – 5,2 метра) приходятся на сезон штормов (декабрь – январь).

Средние значения скоростей ветра (рисунок 1.3.2) лежат в диапазоне 6,2–9,3 м/с. Здесь также прослеживается зависимость от сезонности – в период с февраля по ноябрь средние ветра не превышают 8 м/с, а в сезон штормов (декабрь-январь) – 9,1–9,3 м/с. Аналогичная картина с максимальными значениями скорости ветра – в течение года скорости ветров 10–14 м/с, а в сезон штормов - 16–17 м/с.

В соответствии с данными рисунка 1.1.2 (средний объем вылова на судосутки), максимально эффективный период для лова (путина) идет в период с октября по апрель. Следовательно, при разработке проекта судна необходимо минимизировать влияние погоды на эксплуатацию судна. Это можно достигнуть только повышением мореходных качеств судна. При этом вышеприведенные данные можно использовать как расчетные при разработке конструкции корпуса нового судна.

Таблица 1.3.1 – Осредненные значения скоростей ветра на Балтийском море

Район		А	Б	В	Г	Д	Е	Сред.
Значение	Месяц	Скорости ветра, м/с						
Среднее	Январь	8,0	9,0	9,0	9,4	9,8	9,7	9,1
Макс		14,3	15,7	16,3	16,3	17,3	16,3	16,1
Среднее	Февраль	6,5	7,5	7,5	7,8	8,0	8,1	7,6
Макс		13,0	14,3	14,0	14,7	14,7	14,3	14,2
Среднее	Март	6,6	7,2	7,6	7,9	8,2	8,1	7,6
Макс		12,3	13,3	14,3	14,0	14,7	14,3	13,8
Среднее	Апрель	5,8	6,7	6,6	7,2	7,7	7,8	7,0
Макс		10,3	11,5	11,8	12,8	12,5	12,3	11,8
Среднее	Май	5,5	5,8	6,3	6,4	6,7	6,8	6,2
Макс		9,0	9,7	10,0	10,3	11,7	11,3	10,3
Среднее	Июнь	5,4	6,0	6,2	6,5	6,8	6,9	6,3
Макс		10,3	13,3	12,0	12,7	13,0	13,0	12,4
Среднее	Июль	5,5	6,2	6,3	6,7	6,8	6,7	6,4
Макс		11,0	11,7	11,7	12,3	12,0	11,3	11,7
Среднее	Август	5,7	6,9	6,7	7,4	7,4	7,5	6,9
Макс		10,3	13,3	12,3	14,0	14,3	13,3	12,9
Среднее	Сентябрь	6,8	7,5	7,6	7,6	8,0	7,8	7,6
Макс		15,3	14,7	15,0	14,7	14,7	14,3	14,8
Среднее	Октябрь	6,5	7,9	7,8	8,4	8,4	8,5	7,9
Макс		12,0	13,7	14,0	15,3	16,0	16,3	14,6
Среднее	Ноябрь	6,6	7,8	7,8	8,4	8,6	8,6	8,0
Макс		12,7	13,3	13,7	13,7	15,0	14,3	13,8
Среднее	Декабрь	7,6	9,2	9,3	9,8	10,0	10,3	9,3
Макс		14,0	16,7	16,7	17,0	19,0	19,3	17,1

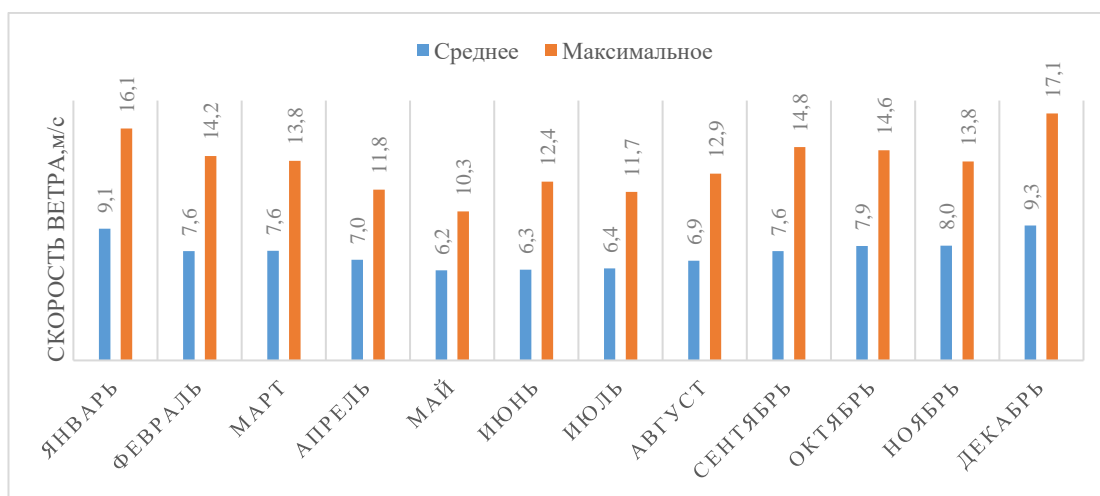


Рисунок 1.3.2 – Характеристики ветра на Балтийском море

Таблица 1.3.2 – Осредненные значения высоты волнения в Балтийском море

Район		А	Б	В	Г	Д	Е	Сред.
Значение	Месяц	Высота волны, м/с						
Среднее	Январь	1,29	1,45	1,65	1,72	1,86	1,91	1,65
Макс		4,33	5,17	5,33	5,42	5,25	5,50	5,17
Среднее	Февраль	0,85	0,96	1,12	1,20	1,33	1,34	1,13
Макс		3,08	3,33	3,75	3,75	3,33	4,00	3,54
Среднее	Март	0,77	0,89	0,96	1,00	1,06	1,09	0,96
Макс		2,75	3,33	3,50	3,67	3,17	3,25	3,28
Среднее	Апрель	0,76	0,83	0,89	0,91	0,92	0,91	0,87
Макс		1,83	1,92	2,00	2,04	2,00	2,17	1,99
Среднее	Май	0,57	0,63	0,70	0,72	0,74	0,78	0,69
Макс		1,83	1,94	2,11	2,28	2,11	2,25	2,09
Среднее	Июнь	0,59	0,65	0,68	0,69	0,69	0,70	0,67
Макс		1,75	1,75	1,88	1,88	2,00	2,00	1,88
Среднее	Июль	0,66	0,73	0,76	0,76	0,78	0,75	0,74
Макс		1,67	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,74
Среднее	Август	0,64	0,77	0,82	0,89	0,89	0,92	0,82
Макс		1,58	2,08	2,50	2,83	3,00	2,75	2,46
Среднее	Сентябрь	0,86	0,94	1,00	1,01	1,02	1,01	0,97
Макс		3,58	3,92	3,83	4,08	3,25	3,83	3,75
Среднее	Октябрь	0,72	0,86	0,95	1,06	1,13	1,14	0,98
Макс		2,25	2,83	2,67	3,00	3,00	3,00	2,79
Среднее	Ноябрь	0,81	0,96	1,09	1,19	1,25	1,29	1,10
Макс		2,33	2,67	3,17	3,17	3,08	3,42	2,97
Среднее	Декабрь	1,27	1,49	1,69	1,70	1,73	1,86	1,62
Макс		4,00	4,42	6,25	4,75	5,08	5,25	4,96

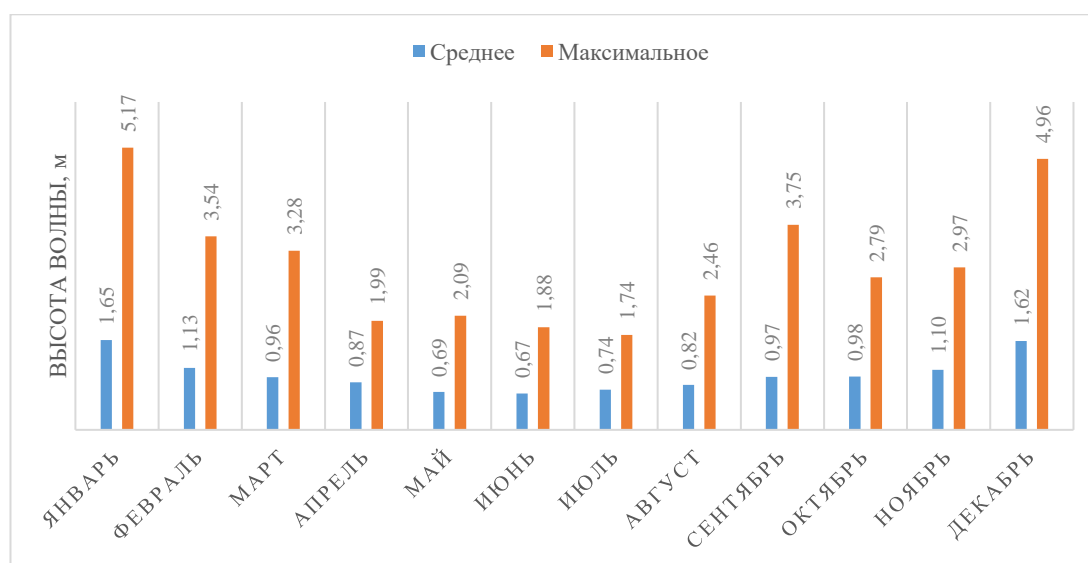


Рисунок 1.3.3 – Характеристики высоты волнения в Балтийском море

§1.4 Береговая инфраструктура

На территории Калининградской области имеется несколько рыбообрабатывающих комплексов, работающих не только на внутренний рынок области, но и на экспорт, причем в это направление деятельности в последнее время идут хорошие денежные вложения со стороны бизнеса (место расположения предприятий показано на рисунке 1.4.1). В 2008 году открылось предприятие, ориентированное на прием и переработку сырья океанического промысла, а на протяжении последних трех лет открылись два береговых рыбообрабатывающих комплекса, ориентированных на сырье, добываемое в исключительных экономических зонах Российской Федерации (26 подрайон Балтийского моря, Калининградский (Вислинский) и Куршский заливы). При этом технологический процесс на предприятиях направлен на изготовление высококачественной продукции, что невозможно без сырья соответствующего качества. Для повышения качества сырья используют рыбонасосные береговые установки, которые позволяют перекачивать водорыбную массу в приемные бункеры прямо из трюма судна, не повреждая улов. Приведенная технологическая схема приема сырья вынуждает судовладельцев перестраиваться под хранение улова на судне наливным способом, что и реализуют при модернизации имеющихся и приобретении новых судов.

По информации, полученной от представителей рыбоперерабатывающих организаций, в настоящее время мощность по приему и обработки до момента возможности отгрузки потребителю мелкосельдевых пород рыб составляет 360 тонн в сутки (одно предприятие 240 т/сут., второе предприятие 120 т/сут.). При этом имеются планы развивать мощности до до 440 тонн рыбы в сутки.



Рисунок 1.4.1 - Карта расположения рыбоперерабатывающих комплексов в Калининградской области

Выводы по главе 1

Рыбаки Калининградской области не способны на существующем промысловом флоте обеспечить выборку квот по рыбе в полном объеме, и, вместе с этим, полную загрузку рыбоперерабатывающих предприятий. Причиной этому является малоэффективный устаревший флот, а также простои флота по причине погоды и ремонтных работ.

Сложившаяся ситуация – добыча рыбных биоресурсов в меньших объемах, чем выделенные квоты – может привести к перераспределению выделенных квот между странами, тем самым нанести ущерб Российской Федерации.

Для возможности решения указанной проблемы, в том числе загрузки рыбоперерабатывающих предприятий на полную мощность, необходим либо более многочисленный флот, либо принципиально новый флот, способный обеспечить полный вылов рыбных биоресурсов в рамках ОДУ.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО МРТ ДЛЯ ПРИ- БРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА НА БАЛТИКЕ. ПРОЕКТНОЕ ОБОСНОВА- НИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНА

§2.1 Промысловая схема и орудия лова для добычи биоресурсов в Балтий- ском море

2.1.1 Промысел донной рыбы

Как уже сказано ранее, донную рыбу в 26 подрайоне Балтийского моря представляют, в основном, треска и камбала. Вести промысел этой рыбы можно несколькими видами орудий лова, но основные из них, используемые на Балтике – это донный трал и ярус. Ярус в основном используется на каменистом грунте и позволяет облавливать относительно крупную, половозрелую рыбу, однако у отечественных рыбопромышленников данный вид лова не закрепился, несмотря на то, что польские и литовские рыбаки активно работают ярусом. Российские рыбопромышленники облавливают донную рыбу при помощи донного трала. В качестве судов для работы с донным тралом используются малые рыболовные траулеры кормового траления пр. 1328 типа «Балтика» [3], общий вид которого представлен на рисунок 2.1.1.

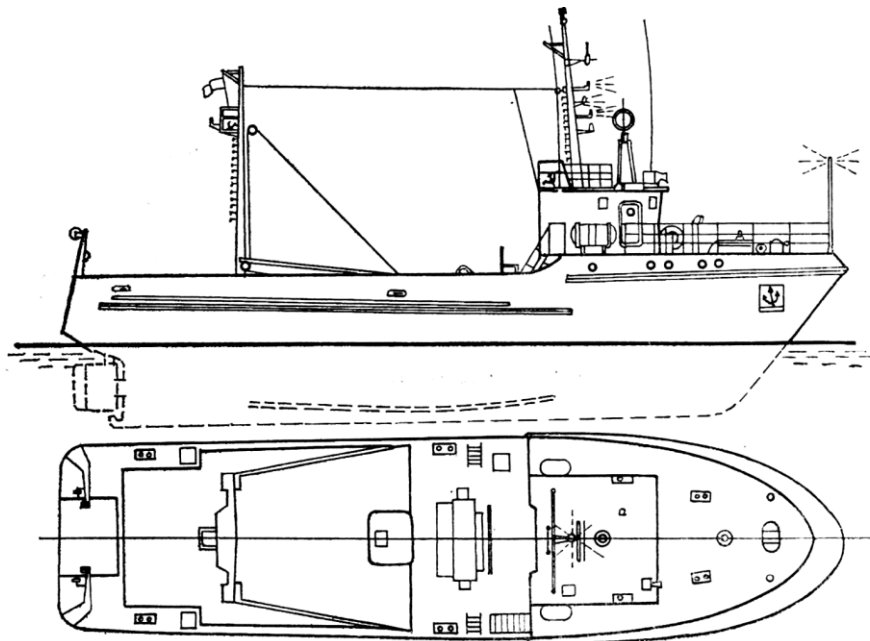


Рисунок 2.1.1 – Общий вид МРТК пр.1328 типа "Балтика"

Особенность промысла трески и камбалы заключается в том, что в первые часы после вылова рыбы необходимо выпустить внутренности, в противном случае внутренние органы рыбы выделяют вещества, которые при попадании в мясо делают его непригодным для дальнейшего использования. Таким образом, при промысле донных пород рыб на Балтике имеется необходимость обработки пойманной рыбы, перед тем как ее отправить на хранение на борту судна, а учитывая, что размер рыбы разнообразный, то механизация процесса предварительной обработки на борту не используется.

Промысловая схема при работе донным тралом заключается в постановке трала, непосредственно тралении, выборке трала, поднятия кутка на палубу целиком, либо частично (в зависимости от объема улова), и, соответственно, выливка улова на палубу для дальнейшей обработки. Таким образом, для выполнения указанных операций на борту судна должны быть установлены ваерные лебедки (для ваеров), сетной барабан (для сетной части трала), кабельная лебедка (для кабеля датчика трала), а также вытяжные лебедки (для вытягивания трала на палубу судна) и вспомогательные лебедки для деления улова (при необходимости) и выливки улова на палубу. Для выливки улова из кутка на борту должно быть предусмотрено грузовое устройство – грузовая мачта, портал или кран.

Перечисленные промысловые операции, особенно вытягивание трала на палубу и выливка улова делением, требует достаточного места на промысловой палубе, что, в свою очередь, повлияет на архитектурно- конструктивный тип промыслового судна. Как видно на рисунке 2.1.1, рубка судна находится в носовой части, сразу за рубкой располагаются ваерные лебедки в комплексе с сетным барабаном. Ближе к кормовой части на палубе расположен грузовой портал, при помощи которого и происходит выливка улова из кутка на палубу.

2.1.2 Промысел пелагической рыбы

Основными видами промысла пелагической рыбы являются траление, использование кошелькового невода и дрефтерных сетей. Поскольку в Балтийском море отсутствуют крупные скопления рыбы, то практика показала, что

кошельковый невод неэффективен, а дрефтерные сети запрещены к применению. Поэтому основным видом лова пелагической рыбы является траление разноглубинным тралом.

Классическая схема траления донным и пелагическим тралом ничем не отличается, поэтому используется тот же самый набор промыслового оборудования на судне. Однако, килька и салака (основные промысловые пелагические породы рыбы на Балтике), значительно меньше трески и камбалы по размерам и не требуют предварительной обработки после вылова на борту судна. Стремясь оптимизировать процесс лова, а также улучшить качество добываемой рыбы (сохранив ее торговую ценность), на судах стали оборудоваться бункеры для перевозки выловленной рыбы наливом, а впоследствии стали устанавливаться и рыбонасосы, способные перекачивать улов непосредственно из кутка трала в рыбные трюма, не поднимая трал на борт судна. Все это позволило на современных рыболовных судах отказаться от большой промысловой палубы, вытяжных лебедок, а также от массивного грузового устройства. Функция последнего сводится к приподниманию кутка трала для подключения к нему приемного патрубка рыбонасоса.

§2.2 Способ хранения улова

Если способов хранения улова всего два – наливом и в сухом виде в ящиках, то способов охлаждения улова несколько больше.

Технические требования к охлажденной рыбной продукции устанавливаются ГОСТ 814-96 [62].

В качестве охлаждающих сред используют лед, морскую воду, раствор поваренной соли, льдо-водяные охлаждающие системы (ледяная суспензия, текучий лед, жидкий лед, отличающиеся между собой содержанием массы льда в охлаждающей смеси).

Изначально основным способом охлаждения было пересыпание улова битым льдом, который изначально брали с берега и хранили в рыбном трюме.

Охлаждение рыбы льдом производится: в ящиках – рыба послойно присыпается мелкодробленным или чешуйчатым льдом. В зависимости от температуры наружного воздуха расход льда колеблется от 30 до 100% от массы рыбы. В трюмах – рыба послойно присыпается льдом. Общая высота слоев рыбы и льда в зависимости от вида и размера рыбы может изменяться в пределах от 0,4 до 1 м. В трюмах глубиной более 1 м обязательно применение горизонтальной разборной сепарации во избежание сдавливания нижних слоев рыбы (наиболее трудоемкий процесс, особенно при выгрузке улова из трюма).

Далее, с развитием технологий, на судах стали устанавливаться льдогенераторы чешуйчатого, пузырьчатого льда. Наибольший интерес представляют установки- генераторы жидкого льда. Жидкий лед имеет наибольшую удельную поверхность охлаждения по сравнению с другими видами льда. Эта двухкомпонентная смесь дает больший охлаждающий эффект, чем отдельно охлажденная морская вода и кристаллический лед, кроме того объединены возможность перекачки и охлаждающая способность льда. Жидким льдом можно охлаждать в оборотной таре (ящиках имеющих мелкую перфорацию) или в бункерах. Концентрация льда составляет от 20 до 50% от объема рыбы.

Для производства жидкого льда существуют специальные льдогенераторы. Льдогенераторы жидкого льда по своему устройству намного сложнее других льдогенераторов. Конечно, они тоже замораживают воду, только на этом процесс их работы не заканчивается, а только начинается. Дело в том, что превратить воду из жидкости в лёд – это полдела, важно еще сделать так, чтобы кристаллы имели соответствующий размер (как было сказано выше – не более 0,01 мм). Сделать это, просто раскалывая большой кусок льда, достаточно сложно. Лучшее решение – замораживать жидкость таким образом, чтобы большие кусочки льда в ней просто не могли образоваться. Тогда останется смешать мелкие кристаллы с переохлаждённой (то есть подсолённой и имеющей вследствие этого более низкую температуру замерзания) водой – и требуемый продукт готов.

Конструктивно оборудование представляет собой емкость, в стенках которой циркулирует хладагент, и которая заполняется водой. Внутри него расположены специальные скребки, которые соскабливают лёд по мере его намерзания на стенки. После этого в образовавшуюся «ледяную пыль» добавляется переохлаждённая солёная вода, и получается жидкий лёд. Баки-накопители жидкого льда могут заполняться ночью (т.е. реализуется возможность аккумуляирования холода). В последнее время в ряде стран широко используется жидкий лёд не только на судах, но и на береговых предприятиях.

Исследования, которые были выполнены ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «ВНИРО») в 2008 году по заказу одного из производителей генераторов жидкого льда, показали, что рыба, охлажденная жидким льдом при соблюдении ТУ 9261-041-00472124-08, сохраняется до 20 суток [63]. Данные исследования проводились на рыбе жирных пород: горбуша, кета, севрюга, осетр, сайра, палтус, сельдь жирная, скумбрия, так как из-за жирности эти породы рыб быстро портятся. Также, необходимым отметить, что данные установки жидкого льда уже имеют свидетельства о признании Российского Морского Регистра Судоходства.

Со временем стали использовать заборную воду для охлаждения улова. Для чего, на промысловых судах рыбу сразу после вылова погружали в охлажденную морскую воду. Соотношение массы рыбы и воды при этом от 1:1 до 1:2 (при наличии циркуляции) в зависимости от размера рыбы. При хранении охлажденной рыбы в жидкой среде рекомендуется поддерживать температуру от 0 до минус 2°C. Возможная продолжительность сохранения улова в охлажденной морской воде для большинства видов рыб не превышает одних суток во избежание потери товарного вида и технологических свойств. Охлаждение и хранение разделанной рыбы в жидкой среде не рекомендуется. Данный способ охлаждения в последнее время реализуется в виде установки на судах RSW

систем – танки – емкости со стенками, охлаждаемыми забортной водой, позволяющие также охлаждать водорыбную смесь при способе хранения наливом.

Поскольку на Балтике ведется промысел как донной, так и пелагический рыбы, то, наиболее эффективным будет использование на борту промышленного судна генераторов жидкого льда, которые могут быть использованы как для охлаждения рыбы в ящиках, так и для охлаждения водо-рыбной смеси в наливных танках.

Следует отметить, что в последнее время ведутся работы по созданию новых сорбционных холодильных установок для малых промысловых судов, использующих тепловую энергию отработанных газов [64, 65]. Развитие науки и техники в данном направлении в будущем может предложить более эффективные решения по охлаждению рыбной продукции.

§2.3 Обоснование архитектурно-конструктивного типа перспективного судна

Основываясь на вышеизложенной информации, можно сформулировать назначение и тип нового судна следующим образом: *наливной универсальный траулер для работы как с донным, так и с пелагическим тралом.*

Говоря об архитектурно-конструктивном типе нового судна для Балтийского моря, в первую очередь, необходимо отталкиваться от принятых промысловых схем, а также обращать внимание на существующий опыт иностранных судостроителей.

2.3.1 Обзор иностранного опыта

Вопросу проектирования судов, в том числе промысловых, за границей уделяют отдельное внимание. Об этом свидетельствует издание различных трудов, например, [66 - 69].

Анализу иностранных современных промысловых судов ранее были посвящены работы [6, 18, 34]. По результатам указанных работ, а также изучения промыслового флота различных стран можно сделать вывод, что современные малотоннажные рыболовные суда характеризуются большим разнообразием

выполняемых производственных операций и особенностей функционального обеспечения. В ходе рассмотрения различных современных малых рыболовных траулеров, сейнеров и ярусников для морского и прибрежного лова, особое внимание привлекают современные зарубежные суда норвежской, исландской и датской постройки. Норвегия и Дания являются одними из ведущих стран в мировом судостроении по строительству судов промыслового флота. Флот этих стран, также, как и суда Европейского Севера России, работает преимущественно в Северной Атлантике и Северных морях на одинаковой с нами сырьевой базе.

Из современных судов, ведущих промысел на Балтике странами Балтийского региона, как правило, используются малые траулеры, траулеры-сейнеры, ярусники и траулеры-ярусники наливного типа, реже рефрижераторные и морозильно-рефрижераторные. Следует отметить, что район плавания этих судов вариативный: Балтийское море, Северное море и прибрежные воды Северо-Восточной Атлантики. Чисто для Балтийского моря проектируются специальные малотоннажные промысловые суда из-за специфики его коротковолнового волнения. Если распространять эксплуатацию судна в других исключительных экономических зонах Российской Федерации или в прибрежных зонах иностранных государств, то необходимо будет изменить район плавания и ледовую категорию как минимум.

Наиболее распространенный диапазон главных размерений европейских МРТК, работающих на Балтике, представлены в таблице 2.3.1.

В июне-июле 2014 года специалистами научно-исследовательского центра судостроения Калининградского технического университета (НИЦС КГТУ), с участием автора, был проведен опрос специалистов рыбопромышленных организаций Калининградской области на предмет того, какие суда они хотели бы иметь для морского рыболовства на Балтийском море. Характерно, что частные рыбопромышленные компании не назвали ни одного отечественного проекта добывающего судна, кроме модернизированного МРТК

типа «Балтика». В опросных листах специалистами рыбопромышленных компаний в качестве прототипов для проектируемого МРТК отмечались малые рыболовные суда, построенные за последнее десятилетие в основном по норвежским и датским проектам. Рекомендуемые суда-прототипы представлены на рисунках Г-1 – Г-5 в Приложении Г, а основные их характеристики представлены в таблице 2.3.2 [70, 71, 72].

Представленные в Приложении Г общие расположения отмеченных в таблице 2.3.2 добывающих судов позволяют судить о современных предпочтениях рыбаков.

Таблица 2.3.1 Основные характеристики иностранных промысловых судов

Характеристика	Диапазон значений
Длина максимальная, м	19,00 – 28,0
Длина между перпендикулярами, м,	15,0 – 24,0
Ширина по КВл, м	6,70 - 9,20
Высота борта до палубы переборок, м,	3,60 – 4,20
Высота борта до верхней палубы, м,	5,10 – 6,40
Мощность СЭУ, л. с.	500 – 800, может достигать до 1500 л. с.
Тяга винта на швартовых, кН	80 – 200
Диаметр винта, мм	1850 – 2400, может достигать до 2700
Число коечных мест	4 – 10
Объём трюма, м ³	64 – 160.

Таблица 2.3.2 Основные характеристики малотоннажных добывающих судов

Тип и название судна	Год постройки головного корпуса	Расчетная длина, м	Ширина корпуса, м	Высота борта, м	Вместимость трюмов, м ³	Мощность главного двигателя, кВт
Calima-Luanda	2011	20,50	7,70	5,10	110-120	567
Carpe Diem	2009	17,50	7,30	5,55	95	298
SK-3200	-	18,04	8,00	6,00	100	-
Harvester	2008	24,00	8,60	6,40	160	662
Mette Helene	2009	23,03	7,50	5,60	140	634
МРТК пр.5046(исх. пр. 1328)	2014/15	22,0	6,80	3,30	60	503

2.3.2 Анализ архитектурно-конструктивного типа (АКТ) судов иностранной постройки

Анализ общего расположения малотоннажных добывающих судов стран Евросоюза и иностранных судов, в использовании которых наиболее заинтересованы рыбопромышленные организации Калининградской области, показывает, что имеются ряд особенностей, характерные для современных судов рассматриваемого типа (Приложение Д). Среди них можно выделить следующие (основные):

- практически все суда имеют одинаковый архитектурно-конструктивный тип со средней или несколько смещенной рубкой;
- на всех судах стремятся минимизировать по длине машинные отделения, расположенные в кормовой части корпуса;
- в составе судовой энергетической установки, как правило, один малогабаритный главный дизель и два дизель-генератора;
- рассматриваемые малые рыболовные траулеры имеют двухпалубную архитектуру, или удлиненную баковую надстройку, но в корме имеется промысловая палуба или платформа;
- практически все суда имеют носовой бульб;
- все суда приспособлены для перевозки рыбы наливом и имеют систему RSW или имеют ещё и рефрижераторный трюм. Трюма располагаются в средней части судна;
- большинство малых двухпалубных добывающих судов – это суда универсального назначения, т. е. кроме тралового лова могут работать ещё и с ярусом, ловушками, с кошельковым неводом, дрифтером.

Здесь следует отметить ещё одну особенность современных добывающих наливных судов – все они эксплуатируются при незначительном изменении дедвейта во время промыслового рейса, так как в наливных рыбных танках постоянно налита морская вода, которая по мере вылова рыбы выливается за

борт. Расход же дизельного топлива компенсируется приёмом морского балласта в специально размещённые в корпусе танки. Таким образом, наливные суда можно проектировать с минимальным надводным бортом, при котором судно постоянно эксплуатируется в промысловом рейсе. Более того, линия палубы переборок отслеживает посадку судна в различных эксплуатационных случаях нагрузки. Скандинавские проектанты стараются при этом делать суда двухпалубными, образуя в корпусе шельтердечное пространство между верхней палубой или удлиненным баком и палубой переборок. Это решение позволяет избежать эффекта сопутствующего дифферента на корму, характерного малым рыболовным судам «американского типа», когда в условиях качки в штормовых условиях верхняя палуба входит в воду и возникает такой эффект.

При проектировании современных наливных МРТК с удлиненным баком, как правило, на виде сбоку сохраняется надводный борт до уровня верхней палубы, но палуба после окончания баковой надстройки прерывистая и открытая с кормы. Таким образом, промысловая палуба становится размещенной на двух палубах: главной и продолжением палубы бака. Остойчивость малых рыболовных траулеров шириной свыше 8 метров позволяет размещать промысловое оборудование и на верхней палубе. Двухпалубный вариант малого универсального рыболовного судна – наиболее традиционный тип норвежских судов, когда на малом рыболовном судне траловый лов сочетается с ярусным ловом.

Необходимо отметить, что при двухпалубном архитектурно- конструктивном исполнении, рыбаки получают возможность работать в шельтердечном пространстве, минимизировав при этом время работы на открытой палубе.

Грузоподъемное оборудование, установленное на борту судна – гидравлические краны – служат в первую очередь для приподнимания кутка трала с целью подключения приемного конца рыбонасоса. Рыбонасос может быть установлен как на открытой, так и на шельтердечной палубе.

2.3.3 Другие факторы, влияющие на архитектурно-конструктивный тип судна

Наиболее существенными достижениями, повлиявшими на коренное изменение архитектурно-конструктивного типа и назначения малотоннажных рыболовных судов, являются:

а) появление новых сверхуловистых отечественных донных и пелагических тралов, разработанных, в том числе, в Калининградской области фирмой «Фишеринг сервис» г. Пионерский [73]. Этой фирмой разработаны конкурентоспособные тралы, которыми сейчас пользуется практически во всем мире. Разовые уловы рыбы на тралении на новых тралах не могут быть целиком подняты на промысловую палубу судов. Поднятие улова невозможно по нескольким причинам: как по величине вылова, при которой невозможно обеспечение устойчивости добывающего судна, так и по размещению кутка трала на промысловой палубе. В связи с этим, появилась необходимость откачивать рыбу из тралов рыбонасосами или эрлифтами, не поднимая трал из воды. С другой стороны, добывающие суда из-за значительных величин выловов, потеряли возможность обработки улова на судне, т. е. стали чисто добывающими;

б) для возможности сохранения значительных уловов рыбы на современных промысловых судах они должны быть или супертраулерами, или траулерами - производственными рефрижераторами, а эксплуатация этих типов судов в условиях исключительных экономических зон России должна проходить по другой схеме организации взаимодействия промысловой и береговой региональной структуры. Альтернативный вариант – добывающие суда должны стать судами с наливными танками. В связи с этим, в европейской практике Скандинавских стран сформировался тип наливного добывающего судна;

в) появление носовых бульбовых надделок (носовых бульбов), функционально расширяющих их традиционное назначение, например, улучшающих дифферент.

2.3.4 Формирование требований к архитектурно-конструктивному типу перспективного судна

На основании изложенного выше, можно сформировать требования к архитектурно-конструктивному типу универсального судна для ведения промысла на Балтийском море:

- судно должно быть траулером, так как именно траловый лов является основным способом промысла в 26 подрайоне Балтийского моря;
- судно должно иметь возможность работать как донным, так и пелагическим тралом с минимальными временными затратами на смену орудий лова в порту;
- на судне должны быть оборудованы танки для хранения улова наливом, при этом, при промысле донных пород рыбы, должна быть предусмотрена возможность оборудования сухого трюма для хранения рыбы в ящиках со льдом;
- машинное отделение на судне должно быть размещено в кормовой части с прямой валолинией;
- рубка на судне должна быть промыслово-рулевой и установлена в средней части судна, возможно смещенной в нос миделя, либо в носовой части судна. Это позволит лучше контролировать и управлять промысловыми операциями из рубки;
- корпус судна должен быть оборудован носовым бульбом для лучшего поведения судна на коротком крутом волнении Балтийского моря, а также для облегчения удифферентовки судна;
- на судне должен быть установлен рыбонасос для перекачивания улова из трала через водоотделитель в рыбный танк, что должно оптимизировать временные затраты на промысле и выгрузки улова на берег, повысив при этом качество улова;
- рыбный танк на судне должен быть охлаждаемым при помощи системы RSW и/или с использованием льдогенераторов, причем предпочтительнее генераторы жидкого льда;

- на борту судна должен быть установлен гидравлический кран, предназначенный для подключения приемного шланга рыбонасоса к кутку трала, либо для выливки частями улова донных пород рыб;
- при ведении промысла на донные породы рыб, предварительная обработка улова должна по возможности проходить в закрытых помещениях.

На рисунке 2.3.1 можно увидеть боковой вид промыслового судна с близким к оптимальному архитектурно - конструктивному типу, требования к которому представлены выше.



Рисунок 2.3.1 – Боковой вид промыслового судна с близким к оптимальному АКТ для пелагического промысла

§2.4 Форма корпуса

Форма корпуса малых и малотоннажных промысловых судов за последнее время претерпела достаточно большие изменения. Это обусловлено многими факторами и хорошо прослеживаются на примере судов, работающих в одном и том же районе – МРТК пр. 1328 типа "Балтика" и другие, относительно новые суда, представленные в разделе 2.3 настоящей работы. Изменения на более новых судах касались не только архитектурного исполнения (например, наличие носового бульба), но и непосредственно формы корпуса – более полные обводы, обеспечивающие необходимые объемы и грузоподъемность судна.

Следует отметить, что первоначально носовые бульбовые надделки предназначались для снижения волнового сопротивления за счет интерференции волн от корпуса судна и специально спроектированного носового бульба. Носовой бульб при этом обеспечивал смещение в нос волны от носового бульба на половину периода от корпусной волны, в результате чего резко падала высота волн, образуемых при движении судна, а, следовательно, и волновое сопротивление в целом. Однако уже на рубеже 1980-х и тем более 90-х годов в европейской практике стали появляться суда с носовыми и кормовыми бульбами, которые устраивались с целью увеличения относительной длины подводной части корпуса, обеспечения условий подтекания воды к движителю. Резко изменились и относительные скорости движения малотоннажного флота, достигая величин $Fr = 0,40 - 0,50$. Изменились рекомендации проектантам по выбору параметров формы и элементов корпуса промысловых судов длиной от 12 до 26 м. Ранее опубликованные (в середине прошлого века) рекомендации проектантам были получены по результатам мореходных испытаний моделей судов ФРП с традиционными в то время обводами корпусов. Эти мореходные испытания выполнялись опытными бассейнами мира по заданию ФАО (Food and Agriculture Organization of the United Nations), и были опубликованы в открытой печати в сборнике [74].

Однако с тех пор существенно изменился режим движения малотоннажного промыслового флота, резко возросли мощности главной силовой установки, возросли требования к повышению мореходности.

В 2000-е годы носовые бульбы появились даже на малотоннажных судах, с длиной от 8 – 10 метров, что объяснялось требованием повышения мореходности малотоннажных судов флота рыбной промышленности (ФРП) на волнении. Суда с традиционными обводами зарывались в подошве коротковолнового волнения. Появились две формы бульбовых обводов: исландского типа с большой полнотой мидель-шпангоута (рисунок 2.4.1) и норвежского типа с так называемыми мореходными обводами (рисунок 2.4.2).

Нельзя не отметить, что в конце прошлого века сформировалась концепция использования носовых бульбов с одной стороны для выравнивания ватерлиний (уход от S-образности) в подводной части носовой оконечности достаточно широких корпусов судов ФРП, а с другой стороны появилась теория «прорывания» носовым бульбом волн встречного волнения.

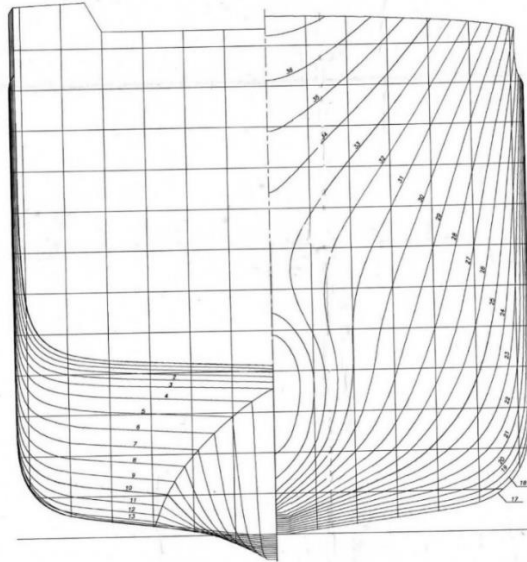


Рисунок 2.4.1- Практический корпус с бульбовыми обводами по исландскому типу

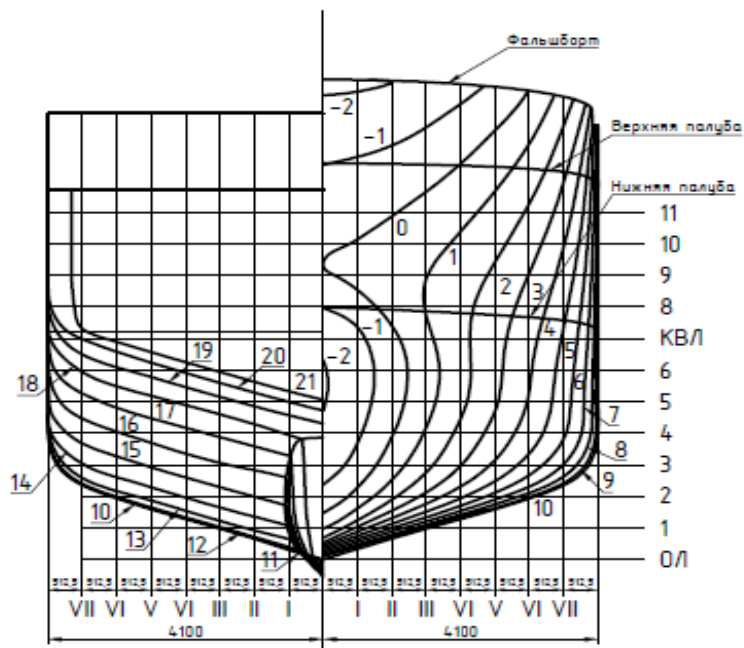


Рисунок 2.4.2 - Теоретический корпус с бульбовыми обводами по норвежскому типу

§2.5 Техническое обоснование элементов технического задания на разработку концептуального проекта судна

На основании всех данных, приведенных выше в настоящей работе, сформировано техническое задание на проектирование судна в первом приближении – разработка концептуального проекта.

2.5.1 Назначение и тип судна

В результате анализа промысловой базы, объекта промысла, а также промысловой схемы, можно сформировать назначение и тип судна следующим образом: малый наливной рыболовный траулер с кормовой схемой траления предназначен для круглогодичного лова салаки, кильки, трески, камбалы и других пород рыб донными и пелагическими тралами, транспортировки улова наливом или в ящиках и сдачи его в охлаждённом виде.

2.5.2 Основные правила и требования, которым должно удовлетворять судно

Вопросам проектирования малых судов в разное время уделялось немало внимания. Результатом этого послужили отдельные главы в Правилах классификации и постройки судов различных Классификационных обществ. У Российского Морского Регистра Судоходства имеются Правила классификации и постройки малых морских рыболовных судов, переизданные в 2023 году [75], применяющиеся Регистром при осуществлении технического наблюдения и классификации морских рыболовных судов в постройке длиной от 12 до 24 м и мощностью главных двигателей от 55 до 375 кВт (п.1.1.1 Части I Классификация [76]). В данных Правилах даны значительные послабления, облегчающих жизнь проектанту, но, к сожалению, под Правила [75] не могут попасть современные и новые суда, как минимум, по двум причинам:

– мощности главных двигателей у современных и перспективных судов более 375 кВт (510 л.с.), что можно увидеть по данным таблицы 2.3.2.;

–согласно п.2.3 Части I Классификация Правил [75], судам устанавливается прибрежный район плавания с удалением от места убежища не более 25 миль.

Для ведения промысла в 26 подрайоне Балтийского моря, необходимо судну работать при удалении от берега до 70 миль. Следовательно, для проектирования судов типа МРТК необходимо использовать обычные Правила классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства [76].

Таким образом, можно сделать вывод о перечне нормативной документации, требованиям которой должно соответствовать судно:

- Правила классификации и постройки морских судов. РМРС;
- другие правила Российского морского регистра судоходства, применяемые к МРТ;
- Правила техники безопасности на судах флота рыбной промышленности СССР, 1991 г.;
- международные конвенции, распространяющиеся на суда, работающие в акватории Балтийского моря;
- Санитарные правила для морских судов промыслового флота СССР, утв. 22.12.1977 №1814-77 (в ред. от 18.06.1987) [77];
- другие нормативные документы (ГОСТы, ОСТы, РД, СН, ФЗ и т.д.), применимые к малым судам промыслового флота.

Примечание: стандарты, инструкции, правила, конвенции и нормы принимаются с учетом изменений и дополнений, действующих на дату разработки проекта.

2.5.3 Архитектурно-конструктивный тип судна

Основываясь на информации, представленной в §2.3 настоящей работы, предлагается следующий АКТ нового судна:

Цельносварное, стальное, одновинтовое морское судно, с дизель-редукторной энергетической установкой, с винтом регулируемого шага в поворотной насадке с стабилизатором, со средним, смещенным в нос, расположением

объединенной промыслово-ходовой рубки, с кормовым расположением машинного отделения, с грузовым трюмом - танком, с кормовым полуслипом, с транцевой кормой и наклонным форштевнем с бульбообразными обводами.

2.5.4 Район, дальность плавания и автономность.

При разработке судна для работы в Балтийском море будет достаточно вести проектирование под класс судна с символом R2 – плавание в морских районах на волнении с высотой волны 3-процентной обеспеченности 7,0 м, с удалением от места убежища не более 100 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 200 миль [76]. Но, в то же время, если думать про возможность эксплуатации судна и за пределами исключительной экономической зоны (ИЭЗ) Российской Федерации, то необходимо проектировать судно на район R1 – плавание в морских районах на волнении с высотой волны 3-процентной обеспеченности 8,5 м, с удалением от места убежища не более 200 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 400 миль [76].

Необходимо обратить внимание, что в §1.3 настоящей работы представлен анализ ветро-волновой картины части Балтийского моря, соответствующей 26 подрайону.

В результате, при проектировании судна для Балтики необходимо принимать во внимание, что максимально высокие волны появляются в зимний период времени (декабрь – февраль) и их высота составляет 6-7 метров. В остальные временные периоды (весна, лето, осень) максимальные волны не превышают 4 метров. Если говорить о средних значениях высоты волны, то они лежат в пределах 0,5 – 2,0 метров на протяжении всего года.

Таким образом, возможно вести проектирование судна для промысла в Балтийском море под район плавания R2-RSN* с предоставлением возможности вести промысел *во всех районах Балтийского моря*.

*R2-RSN–смешанное (река-море) плавание на волнении с высотой волны 3-процентной обеспеченности 6,0 м, с удалением от места убежища:

в открытых морях не более 50 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 100 миль;

в закрытых морях не более 100 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 200 миль [76].

Судно предназначено для круглогодичной эксплуатации в незамерзающих морях, в том числе в ледовых условиях в соответствии с ледовым классом Ice2.

Эксплуатация судна предусмотрена при температурах воздуха в диапазоне от минус 25°C до 30°C, воды – от минус 4°C до 20°C.

Автономность судна по запасам пресной воды, провизии, топлива, масла и условиям экологической безопасности составляет около 10 суток.

2.5.5 Основной класс и категория судна

Судно должно проектироваться и строиться на класс Российского Морского Регистра Судоходства (далее – РС, РМРС или классификационное общество):

КМ★ Ice2 R2-RSN AUT3 Fishing vessel.

В соответствии с «Санитарными правилами для морских судов промышленного флота» [77], судно должно относиться к IV категории – судно ограниченного района плавания с удалением от берега или от обслуживающей плавающей базы до 100 миль длиной от 12 до 24 м включительно при численности экипажа не более 15 человек.

2.5.6 Скорость хода и мореходность судна

Скорость хода при осадке по летнюю грузовую ватерлинию, при 85% мощности главного двигателя, свежеекрашенном, чистом от обрастания корпусе, в условиях испытаний на мерной миле по РД5.036-82 [78], должна составлять не менее 10 узлов.

Скорость хода на тралении при осадке по летнюю грузовую ватерлинию, при 85% мощности главного двигателя, свежеекрашенном, чистом от обрастания корпусе, должна составлять не менее 4 узлов, при этом тяга «на гаке» должна составлять не менее 6 тс.

Судно должно обеспечить работу с тралами при состоянии моря до 4 баллов включительно в любое время суток и года.

Требование к скорости на свободном ходу обуславливается необходимостью скорейшей доставки улова на береговые предприятия. Это позволит повысить качество продукции, доходящей до конечного потребителя.

2.5.7 Ограничения отдельных главных размерений судна

Основное ограничение главных размерений – расчетная классификационная длина судна не должна превышать 24 метров. Данное требование обосновывается двумя факторами:

а) суда до 24 метров длиной входят в 4-ый класс, в соответствии с требованиями Санитарных Правил и Норм, к которым предъявляются более «мягкие» требования, в отличии от судов 3-его класса (более 24 метров длиной);

б) во всем мире для судов, включая промысловые, длиной менее 24 метров длиной разрабатываются отдельные правила, учитывающую специфику маломерного флота. Как уже было упомянуто выше, у Российского Морского Регистра Судоходства имеются Правила классификации и постройки малых морских рыболовных судов 2023 года. Подобные правила существуют у зарубежных классификационных обществ, например, правила DNV GL [79]. В настоящее время АО «Центральный Орден трудового красного знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота» (АО «ЦНИИМФ») ведет научно-техническую работу по теме «Разработка проекта правил классификации и постройки морских судов малых размерений» [80]. Таким образом, при введении в силу Правил проектирования и постройки малых судов, под действия которых попадет проектируемое судно, будет обеспечен модернизационный потенциал, за счет уменьшения массы корпусных конструкций.

2.5.8 Состав (численность) экипажа и его размещение

Численность экипажа необходимо выбирать из условия выполнения промысловых операций. На основании анализа зарубежного опыта, на малых промысловых судах оборудуют промыслово-ходовой мостик, что позволяет

капитану (шкиперу) одному управлять судном и промысловым оборудованием. Но, в связи с высоким уровнем механизации современных промысловых судов, существует необходимость более внимательного управления промысловыми механизмами (ваерные лебедки, кабельная лебедка, рыбонасос, грузоподъемные механизмы, вспомогательная лебедка и т.д.). Исходя из требований Правил техники безопасности на промысловых судах, все палубные работы с промвооружением необходимо выполнять в парах.

Таким образом, минимальный состав и численность экипажа можно сформировать следующим образом:

- Капитан (шкипер) – выполняет функции судоводителя;
- Тралмейстер – осуществляет управление промысловым оборудованием;
- Матрос – моторист;
- Матрос – электрик.

Перечисленный штат экипажа является минимально необходимым для выполнения промысловых операций при добыче пелагических сортов рыбы. При промысле донной рыбы появляется необходимость производить первичную обработку улова, а также укладывать рыбу в ящики в трюме и пересыпать льдом.

Таким образом, проектная численность экипажа судна принимается 6 человек, а именно:

- Капитан (шкипер) – выполняет функции судоводителя;
- Тралмейстер – осуществляет управление промысловым оборудованием;
- Матрос – моторист;
- Матрос – электрик;
- Матрос;
- Матрос.

Размещение членов экипажа предусматривается в 2-х или 3-хместных каютах.

Проанализировав зарубежный опыт, можно увидеть, что на борту малых промысловых судов количество койко-мест на 2 – 4 больше, чем необходимо для выполнения промысловых операций. Такие дополнительные места предусмотрены для моряков-практикантов.

Для развития рыбопромысловой отрасли Российской Федерации, необходимо воспользоваться вышеуказанным иностранным опытом и принять на проектируемом судне на 2-4 спальных места больше, чем численность экипажа.

2.5.9 Требования к общему расположению, обитаемости, технике безопасности и санитарии.

Общее расположение судна должно соответствовать назначению судна, принятой промысловой схеме и архитектурно-конструктивному типу судна.

Состав помещений, площади помещений, состав оборудования помещений, освещенность, уровни шума и вибрации должны удовлетворять требованиям соответствующих правил.

Для изоляции, обстройки, покрытий на судне необходимо применять нетоксичные, негорючие, безасбестовые материалы, одобренные к применению в судостроении надзорными органами.

2.5.10 Характер груза и требования к вместимости

Судно предназначено для перевозки около 150 м³ груза наливом, состоящего из смеси пойманной рыбы и забортной воды (около 115 тонн) со льдом (около 5 тонн).

Грузовой трюм, вместимость около 150 м³, должен быть заизолирован способом, согласованным с Заказчиком. Трюм должен быть разделён на 3-4 герметичных отсека для минимизации влияния свободной поверхности на мореходные качества судна.

Центральная часть трюма должна иметь возможность переоборудования под хранение рыбы в ящиках охлажденной льдом.

Доступ для обслуживания и мойки отсеков грузового трюма должен быть предусмотрен через люки или быстросъёмные горловины.

Мойка отсеков грузового трюма должна осуществляться от пожарной магистрали с помощью пожарных рукавов.

Осушение отсеков трюма должно осуществляться из приёмных колодцев с помощью эжектора.

Погрузка улова в отсеки трюма должна осуществляться с помощью погружного центробежного насоса через водоотделитель по судовым рыбопроводам.

Выгрузка улова на береговую базу должна производиться по судовым рыбопроводам через водоотделитель с помощью вакуумной станции типа EUSKAN VS300-7.5 или аналогичной.

Должна быть предусмотрена возможность охлаждения трюма с помощью охлаждающих батарей (радиаторов или змеевиков) размещённых в отсеках трюма и рефрижераторной установки (система RSW).

2.5.11 Специальные требования к оборудованию промыслового комплекса

Для добычи рыбы на судне предполагается использовать промысловое оборудование в составе трала (сопротивлением 3,0 – 6,0 т), снабженного траловыми досками (площадью 3,0 – 3,5 м²). Траловые доски при помощи ваеров (тросов) кинематически связаны с промысловыми траловыми лебедками.

Траловый комплекс должен состоять из гидравлических лебедок с системой гидропривода низкого давления в составе:

- ваерные (траловые) лебедки - 2шт. с тяговым усилием около 4–5 тонн с диаметром троса 16–18 мм;
- сетной барабан – 1 шт. с объемом сетной части около 8 м³;
- вспомогательная лебедка – 1 шт. с тяговым усилием около 3 тонн (необходима для подтяжки кутка при лове донных пород рыб);
- кабельная лебедка – 1 шт. (необходима для датчика глубины трала).

Для грузовых операций должен быть предусмотрен палубный кран грузоподъемностью около 9,5 кН на вылете в 8 м.

Основное оборудование и материалы для строительства судна принимаются по согласованному с Заказчиком "Перечню основного оборудования, материалов и поставщиков".

2.5.12 Требования к корпусным конструкциям

Конструкция и прочность корпуса должна соответствовать назначению, заданным условиям эксплуатации судна и удовлетворять требованиям Правил РС.

В качестве материала основного корпуса, надстройки, фундаментов под крупные механизмы принимаются стали категории РСА, РСВ, предназначенные для судостроения и имеющие сертификат РС.

Корпус и надстройка должны иметь сварную конструкцию.

Судно должно быть оборудовано водонепроницаемыми переборками, количество которых должно соответствовать требованиям РС.

Корпус судна должен иметь усиления для плавания во льдах, соответствующие классу Ice 2.

Необходимо предусмотреть металлические привальные брусья и усиления транца и палубы траловой зоны.

Окраску поверхностей корпуса и надстройки следует выполнить красочными материалами по схемам, определяемым Поставщиком красок по согласованию с Заказчиком.

Для защиты наружных поверхностей корпуса ниже ватерлинии необходимо предусмотреть цинковую протекторную защиту.

Планируемый срок службы корпусных конструкций должен составлять не менее 25 лет.

Для обеспечения требуемой остойчивости допускается предусмотреть возможность укладки твердого балласта (в коробчатый киль/ двойное дно).

2.5.13 Требования к судовым устройствам

Подруливающие устройства на судне не предусматривать.

Рулевое устройство должно состоять из одной поворотной кольцевой насадки с стабилизатором и электрогидравлической рулевой машины в соответствии с Правилами РС.

Якорное, швартовное, буксирное и спасательное устройства должно соответствовать Правилам РС. Якорные механизмы должны быть не автоматическими с электроприводом или электрогидравлические.

Для несения сигнально-отличительных огней, фигур и другого оборудования предусмотреть необходимые мачты и стойки.

2.5.14 Требования к дельным вещам

Для сообщения экипажа судна с берегом и принятия людей на борт предусмотреть один трап-сходню длиной 3,0 м, а для посадки в плоты и приема лоцмана один переносной штормтрап.

Прочие трапы в соответствии с Правилами РС.

Открытые палубы оборудовать стальными фальшбортами и леерными ограждениями из оцинкованной стали высотой 1100 мм в соответствии с ОСТ5Р.2057-93 [81].

Внутренние штормовые поручни в коридорах надстройки выполнить из полированной нержавеющей стали и установить их по одной стороне коридоров.

Двери, люки, крышки, иллюминаторы предусмотреть в соответствии с Правилами РС.

В рулевой рубке предусмотреть глухие и створчатые иллюминаторы с электрообогревными стеклами, щеточными стеклоочистителями по схеме, согласованной с Заказчиком.

2.5.15 Требования к судовым системам

Предусмотреть на судне судовые системы в соответствии с действующими нормами и правилами.

2.5.16 Требования к энергетической установке

В качестве главного двигателя (ГД) предусмотреть установку дизель-редукторного агрегата (ДРА), состоящего из рядного высокооборотного четырехтактного нереверсивного дизельного двигателя.

Мощность ДРА ориентировочно 450 – 550 кВт (уточняется расчетом) должна обеспечивать скорость хода в режиме перехода не менее 10 узлов, тягу на швартовах около 8,0 тс (уточняется расчетом) и скорость в режиме траления около 4 узлов.

Работу ГД предусмотреть на дизельном топливе по ГОСТ 305-82 с температурой вспышки не ниже +60°C. Пуск ГД электростартерный.

Для снабжения судна электроэнергией установить два дизель-генератора.

Дизель-генераторы двухпроводные 24В, ~3ф/400В, 50Гц. Дизель-генераторы работают на дизельном топливе по ГОСТ 305-82. Пуск ДГ электростартерный.

Для аварийного снабжения судна электроэнергией предусмотреть необслуживаемые аккумуляторные батареи типа AGM или аналогичные. Пусковые аккумуляторы должны быть такими же.

Котельную установку предусмотреть в составе водогрейного котла.

Для обеспечения работы энергетической установки предусмотреть системы в соответствии с действующими нормами и правилами.

На судне предусмотреть одну валовую линию с малошумным винтом регулируемого шага в кольцевой поворотной насадке со стабилизатором.

Применить открытую систему охлаждения и смазки валопровода забортной водой и подшипников гребного вала типа «ТОРДОН», с уплотнением торцевого типа с пневмостопом.

Гребной винт бронзовый (NiAlBr) правого вращения при работе на передний ход (см. с кормы в нос).

2.5.17 Требования к электроэнергетической установке

Предусмотреть работу обоих ДГ на разделённые группы потребителей.

Предусмотреть кратковременную параллель с берегом и генераторами между собой.

Предусмотреть софт-стартеры (устройства плавного пуска) на электродвигатели мощностью от 7 кВт и выше.

Предусмотреть инвертор 8 кВт от 24 В на 220 В.

Предусмотреть автоматическое зарядное устройство 24В/30А - 2 шт.

Предусмотреть пуск и мониторинг ДГ из машинного отделения (МО) и рубки.

Предусмотреть главный распределительный щит 380 В / 220 В.

Предусмотреть распределительный щит 24 В (основной + аварийный).

Предусмотреть светодиодное освещение.

Предусмотреть видеомониторинг МО, трюма и верхней и промышленных палуб.

Предусмотреть установку необслуживаемых аккумуляторных батарей типа AGM или аналогичные, в соответствии с требованиями Правил РС.

2.5.18 Требования к автоматизации судовых технических средств

Автоматизация и судовые технические средства должны соответствовать с Правилами РС и классу судна.

Предусмотреть аварийно-предупредительную сигнализацию (АПС) машинного отделения (затопление, информацию по цистернам, пожарной сигнализации, рулевого устройства, состояние ответственных потребителей, состояние водогрейного котла, и т.д.).

2.5.19 Требования по средствам связи и навигационному оборудованию

Для обеспечения радиосвязи с морскими судами и береговыми радиостанциями на судне должны быть установлены средства радиосвязи, отвечающие требованиям конвенционного оборудования для плавания в морских районах A1+A2.

Средства связи, навигационное оборудование и их состав должны соответствовать требованиям РС в зависимости от валовой вместимости судна и района плавания.

§2.6 Разработка аванпроекта МРТ для обоснования возможности создания судна данного типа

Для решения поставленной проблемы необходимо решить классическую задачу проектирования, т.е. определить главные размерения и основные характеристики нового судна. Для этого необходимо составить и решить систему уравнений проектирования: уравнение масс, объемов, мощности и т.д. Методика составления уравнений проектирования стандартная и опубликована в различных литературных источниках [14, 38, 47, 82, 83, 84]. Однако все предлагаемые зависимости опираются на накопленный эмпирический опыт (по результатам обработки статистического массива информации по различным проектам судов), либо на данные судна-прототипа, максимально приближенного по классу, назначению, размерениям и архитектурно-конструктивному типу. Поскольку предлагаемый тип судна – малое рыболовное судно с большой полнотой обводов – является относительно новым для России, то в литературе отсутствуют рекомендации, а подобная информация за рубежом носит закрытый характер. Информация по существующим судам иностранной постройки носит информационный характер и не подразумевает публикацию и/или передачу весовой нагрузки судна без покупки полного пакета технической документации у проектанта.

С целью решения указанной проблемы автором было принято решение ввести дополнительную стадию проектирования – *аванпроект*. Целью аванпроекта является проработка архитектурно-конструктивного типа, разработка общего расположения и промысловой схемы судна, а также выполнение ряда проектных и проверочных расчетов для определения возможности или невозможности создания нового судна данного типа, удовлетворяющего всем современным требованиям Правил Российского Морского Регистра Судоходства.

На основании вышеизложенного, автор разработал форму корпуса судна, расчётной длиной 24 метра и шириной 8 метров. Форма корпуса принята с

бульбовыми обводами по исландскому типу с большой полнотой мидельшпангоута (рисунок 2.4.1). Обводы корпуса – круглоскулые. Теоретический чертеж представлен на рисунке 2.6.1. Для дальнейших этапов проектирования необходимо проведение модельных испытаний в гидроканале с визуализацией линий тока, а также проведение цикла испытаний в опытовом бассейне (мореходных испытаний и на тихой воде) с целью оптимизации характеристик формы корпуса и возможным введением сломов наружной обшивки для повышения мореходности судна и технологичности изготовления корпуса. На данной стадии проектирования предполагается устройство коробчатого брускового киля.

Далее была проработана компоновка отсеков и помещений, исходя из возможности размещения рыбных наливных танков в средней части судна объемом 150 м³. Были расставлены переборки, второе дно и платформы. Обозначены объемы, где могут быть расположены цистерны. Для понимания объема возможных отсеков и цистерн была построена эпюра емкости корпуса. Схема расставления непроницаемых переборок и платформ с эпюрой емкости показана на рисунке 2.6.2.

Отдельное внимание было уделено промысловой схеме и расположению соответствующего оборудования. На рисунке 2.6.3 представлена схема промыслового устройства при работе с донным тралом. Комплект палубного оборудования для работы с пелагическим тралом практически не отличается от представленного, за исключением установки на палубе рыбонасоса для возможности откачки улова из кутка непосредственно в рыбные трюмы.

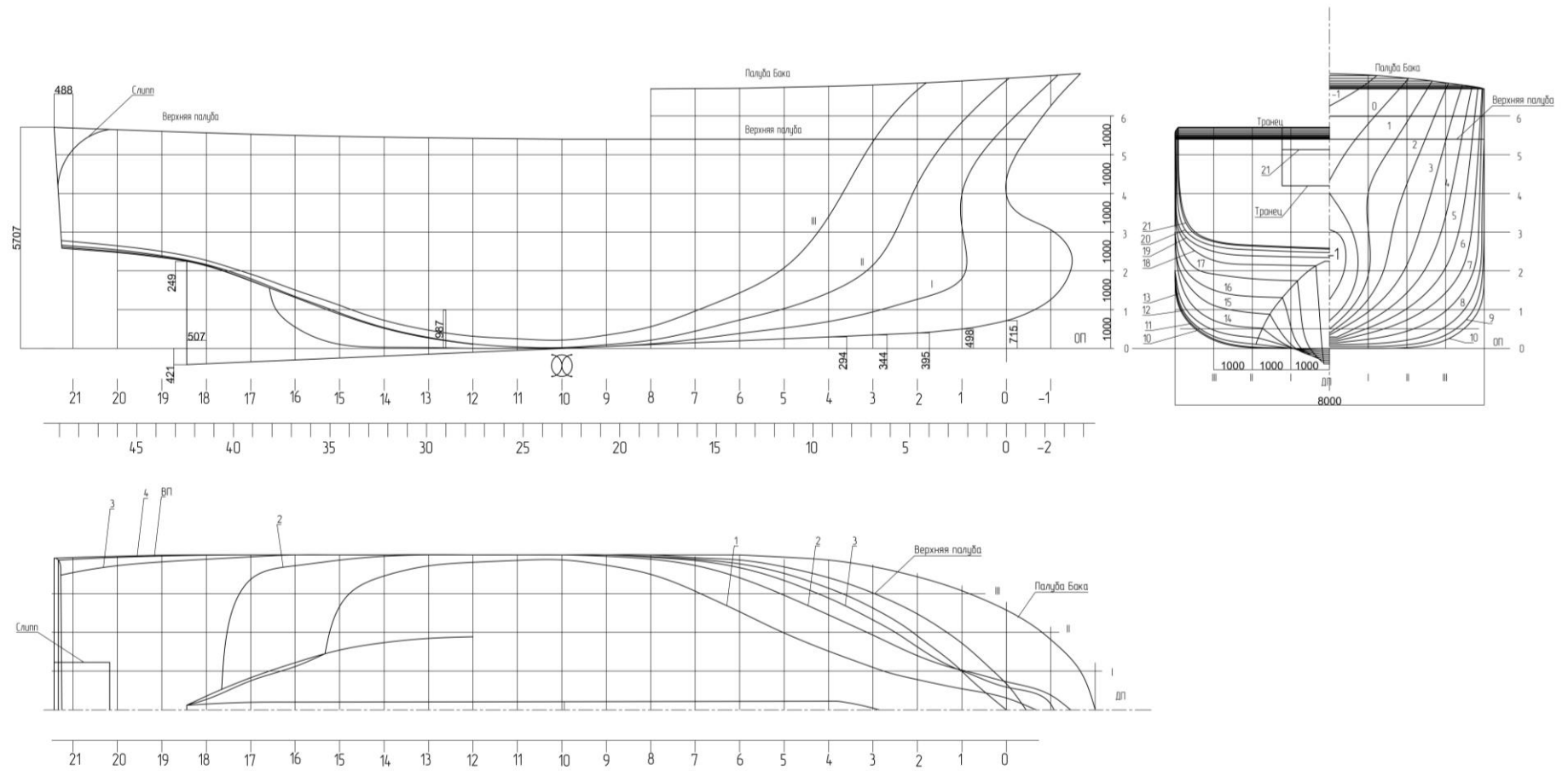


Рисунок 2.6.1 – Теоретический чертеж.

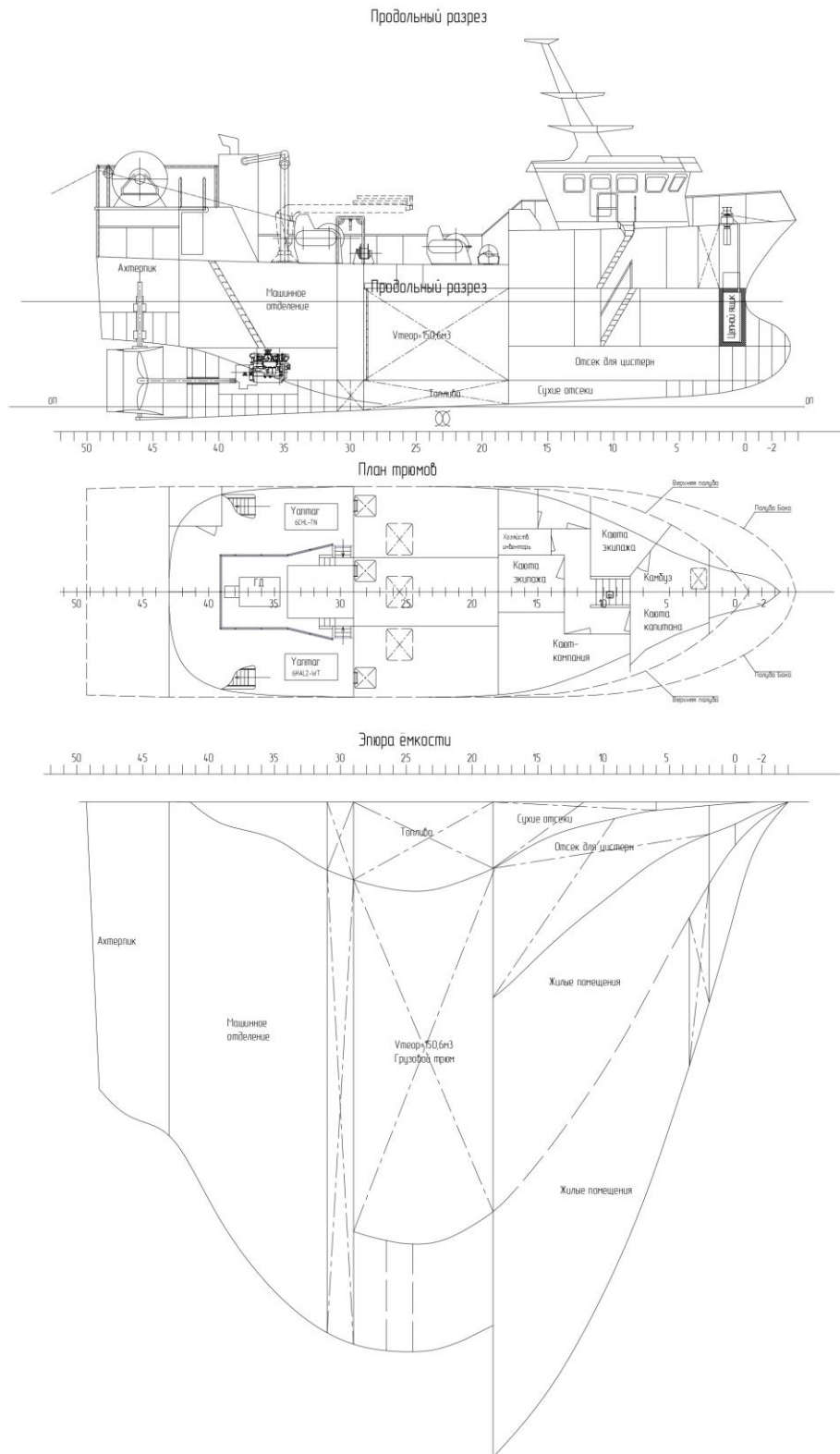


Рисунок 2.6.2 – Эскиз общего расположения судна с эпюрой емкости

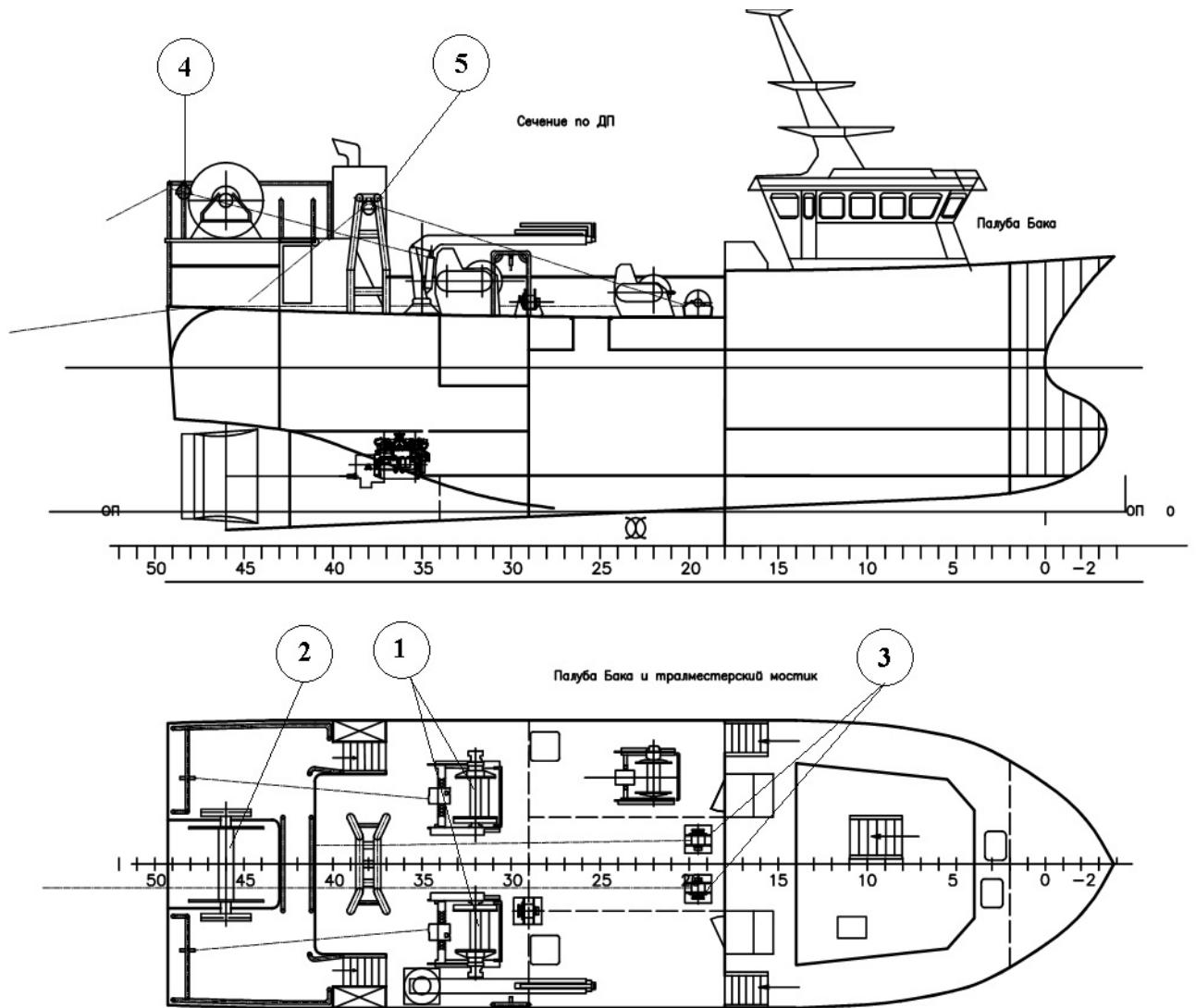


Рисунок 2.6.3 – Схема промыслового устройства при работе с донным тралом
 1 – лебедка ваерная; 2 – сетной (траловый) барабан; 3 – вытяжная лебедка;
 4 – блок ваерный; 5 – блок гиниевый.

На рисунке 2.6.3 видно, что ваерные лебедки расположены на промысловой палубе и предназначены для выборки, хранения и травления ваеров. Ваера постоянно подключены к траловым доскам.

Траловый барабан расположен на тралмейстерском мостике над слипом. Траловый барабан предназначен для выборки, хранения и травления кабелей и сетной части трала. Траловый барабан оснащен двумя вытяжными концами для подключения к кабелям трала.

В конце промысловой палубы расположены вытяжные лебедки. Вытяжная лебедка ПрБ предназначена для деления улова в мешке трала и подтягивания к слипу кутка с уловом. Вытяжная лебедка ЛБ предназначена для вытягивания на палубу кутка трала с уловом и подъема кутка над палубой для выливки из него рыбы. Каждая вытяжная лебедка оснащена вытяжным концом. Вытяжной конец лебедки ПрБ подключается в начале тралового мешка к началу линия дележного стропа, с помощью которого производится деление улова в мешке трала и подтягивается куток к слипу. Вытяжной конец лебедки ЛБ подключается у кутка трала к концу линия дележного стропа, с помощью которого производится вытягивание на палубу кутка трала с уловом и подъем кутка над палубой для выливки из него рыбы.

На тралмейстерском мостике симметрично на оба борта установлены транцевые приемные устройства для траловых досок с закрытыми ваерными блоками. Транцевое приемное устройство выполнено с заглублением в сторону палубы. Траловая доска войдет в углубление приемного устройства и подойдет к ваерному блоку. В таком положении траловые доски не будут мешать последовательному делению улова в траловом мешке и вытягиванию кутка с уловом на палубу.

На промысловой палубе установлен грузовой портал, который используется при вытягивании кутка с уловом на палубу и подъеме кутка над палубой при выливке из него рыбы. На портале подвешены два гиневых блока, предназначенных для проводки вытяжных концов с барабанов вытяжных лебедок.

На дальнейшем этапе автор разработал конструкцию корпуса судна и произвел выбор профилей балок набора в соответствии с требованиями Правил РМРС для стальных судов определенного ТЗ класса. При проектировании конструкции корпуса учитывались ледовые усиления категории Ice2. Разработка конструкции корпуса на данном этапе необходима для оценки массы и координат центра тяжести стального корпуса для выполнения удифферентовки судна и дальнейшей более детальной проработки общего расположения судна. Конструктивный мидель-шпангоут представлен на рисунке 2.6.4.

Результаты работы автора были использованы в качестве научно-технического задела при выполнении составной части опытно-конструкторской работы по заказу ФГУП «Крыловский государственный научный центр» по теме «Разработка концептуального проекта модернизации маломерного рыболовного траулера по типу пр. 1328 («Балтика»), для северо-западного региона России, с возможностью использования функции прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений», шифр «БАЛТИКА – КГТУ», о чем свидетельствует Акт внедрения (приложение Ж). Указанная работа выполнялась в рамках реализации Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники». Проектной проработке был присвоен шифр «МБ001».

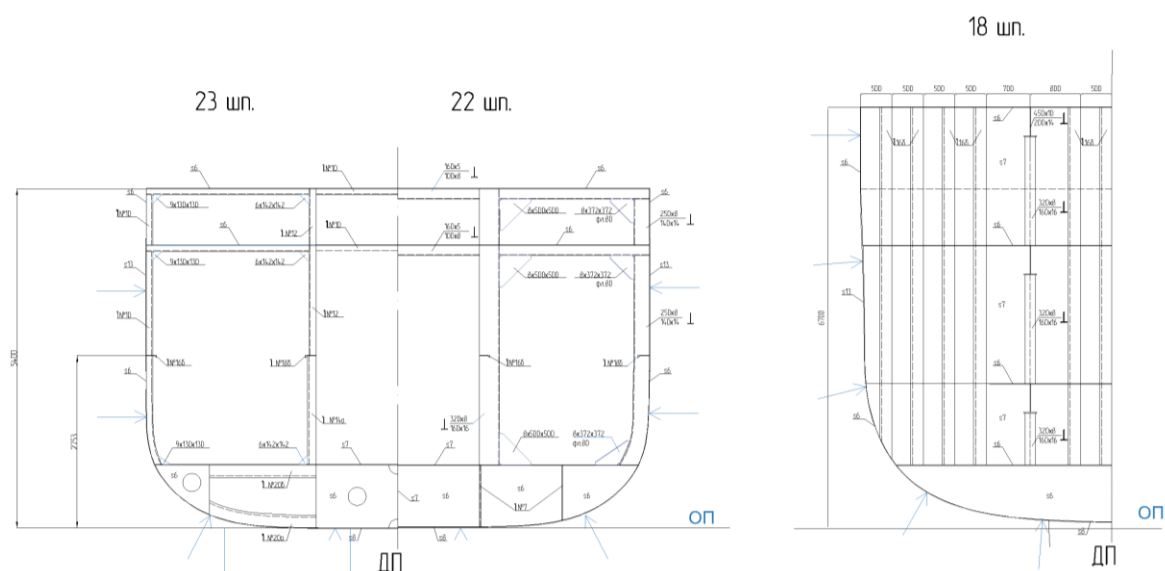


Рисунок 2.6.4 – Конструктивный мидель-шпангоут

В рамках указанной проектной проработки были разработаны общесудовые устройства, определен перечень и оборудование общесудовых систем, выполнена детальная проработка чертежа общего расположения судна, выполнены расчеты весовой нагрузки, координат центра тяжести судна, а также были выполнены проверочные расчеты остойчивости судна.

Основные (определяющие) результаты проекта приведены ниже:

Общая часть:

Назначение судна: малый наливной рыболовный траулер с кормовой схемой траления предназначен для круглогодичного лова салаки, кильки пелагическими тралами и трески, камбалы донными тралами, транспортировки улова наливом и сдачи его в охлаждённом виде, с возможностью прохождения производственной практики студентами и курсантами отраслевых учебных заведений Росрыболовства.

Архитектурно-конструктивный тип: морское, цельносварное, стальное, однопалубное с баковой надстройкой, одновинтовое судно, с избыточным надводным бортом, с дизель-редукторной энергетической установкой, с винтом регулируемого шага в поворотной насадке с неподвижным стабилизатором, с объединенной промыслово-ходовой рубкой смещенной в нос, с кормовым расположением машинного отделения, с грузовыми трюмами – танками, расположенными под технической платформой, с транцевой кормой и наклонным форштевнем с бульбообразными обводами.

Класс судна, район и время плавания: судно проектируется на класс Российского Морского Регистра Судоходства:

КМ★ Ice2 R2 AUT3 Fishing vessel

Главные размерения:

Длина наибольшая, м	26,6
Длина по КВЛ, м	24,5
Длина между перпендикулярами, м	23,5
Ширина наибольшая, около, м	8,20
Ширина по ватерлинии, м	8,00
Высота борта на миделе, м	5,40
Осадка по КВЛ, м	4,00
Коэффициент общей полноты	0,651;
Коэффициент полноты мидель-щпангоута	0,808;
Коэффициент полноты ватерлинии	0,905

Примечание: расчетная длина судна не превышает 24 м для удовлетворения требованиям Правил РМРС и резолюции ИМО для судов длиной до 24 м.

Нагрузка масс и водоизмещение: водоизмещение судна порожнем составляет 222 тонны.

Статьи дедвейта:

Экипаж –	1,30 т;
Провизия –	0,424 т;
Пресная вода –	12,3 т;
Дизельное топливо –	38,7 т;
ГСМ –	0,15т;
Промысловое снаряжение –	1,5 т;
Рыбный трюм ЛБ –	51,3 т;
Рыбный трюм ДП –	51,3 т;
Рыбный трюм ПрБ –	51,3т.

В проекте были рассмотрены следующие случаи нагрузки:

- Выход на промысел (100% запасов, 0% улова);
- Возвращение с промысла (10% запасов, 100% улова);
- Возвращение с промысла (10%; запасов, 20% улова);
- Возвращение с промысла (50%; запасов, 100% улова);
- На промысле (25% запасов; улов на палубе, груз на портале).

Грузоподъемность судна: судно предназначено для перевозки около 150 тонн груза наливом, состоящего из смеси пойманной рыбы и забортной воды с жидким льдом.

Грузовой трюм, вместимость около 150 м³, заизолирован для минимизации теплопритоков. Трюм разделён на три герметичных отсека, вместимостью по 50 м³. При выбранной схеме охлаждения улова с помощью жидкого льда и хранения его в наливных трюмах, ёмкость бортовых наливных трюмов составляет 2 х 50 м³.

Состав экипажа: экипаж судна будет варьироваться в зависимости от вида траления, степени автоматизации судна и эксплуатирующей судно организации в диапазоне 4 – 6 чел. Максимальный экипаж принят из следующего расчета:

- капитан – 1 чел.;
- помощник капитана/ старший механик – 1 чел.;
- механик – 1 чел.;
- боцман/ мастер по добыче – 1 чел.;
- матросы – 2 чел.

Количество коечных мест на судне – до 10.

Промысловое оборудование: судно предназначено для лова рыбы донным, пелагическим и близнецовыми тралами по кормовой схеме со стационарным порталом. Для добычи рыбы на судне используется промысловое оборудование в составе трала (сопротивлением 3,0 – 7,0 т), снабженного траловыми досками (площадью 3,0 – 3,5 м²). Траловые доски при помощи ваеров (тросов) кинематически связаны с промысловыми траловыми лебедками. Траловый комплекс состоит из гидравлических лебедок с системой гидропривода. Для грузовых операций должен быть предусмотрен палубный кран.

Общее расположение судна (см. МБ001-100-100.ВО – рисунок 2.6.5 и 2.6.6) соответствует назначению судна, принятой промысловой схеме и архитектурно-конструктивному типу судна.

Корпус судна и рубка спроектированы стальными по поперечной системе набора, практическая шпация в 500 мм. Корпус судна имеет усиления для плавания во льдах, соответствующие категории Ice 2. По судну установлен коробчатый брусковый киль в диаметральной плоскости, а также привальный брус и усиления транца. Расчётный срок службы корпусных конструкций – 25 лет. Размеры связей определены в соответствии с требованиями Правил РМРС.

В качестве конструкционного материала корпуса и рубки использована листовая и профильная судостроительная сталь толщиной для корпуса 6, 8, 13 мм категории А ГОСТ 5521-93. Листовой и профильный прокат обязательно должен иметь сертификаты РС.

Наружная обшивка выполнена из листов толщиной:

- наружная обшивка днища и ледовый пояс – от 8 до 13 мм;

- наружная обшивка бортов – от 6 до 11 мм.

Набор днища, второго дна и бортов: днищевые и бортовые стрингеры, днищевые и бортовые шпангоуты, вертикальный киль вне района второго дна выполнены из сварного таврового профиля. Ребра жесткости наружной обшивки и второго дна выполнены из полособульбового профиля.

На судне предусмотрены следующие устройства: рулевое, якорное, швартовно-буксирное, спасательное промысловое. Все устройства соответствуют требованиям РМРС.

Промысловое оборудование подобрано в соответствии с промысловой схемой, разработанной автором.

Судовая энергетическая установка (СЭУ) включает в себя главную энергетическую установку (ГЭУ) обеспечивающую движение и маневрирование судна, а также снабжение электроэнергией судовых потребителей, и вспомогательную энергетическую установку (ВЭУ), обеспечивающую снабжение судовых потребителей паром и технической водой.

СЭУ включает в себя:

- ДРА 6EY17W фирмы Yanmar, номинальной мощностью 480 кВт – 1 шт.;
- ВДГ Yanmar мощностью 200 кВт – 1 шт. и мощностью 60 кВт - 1 шт.;
- котлоагрегат КОАВ-68.

На судне предусмотрены следующие системы:

Системы СЭУ: топливная, масляная, охлаждения.

Общесудовые системы: осушения, водяного пожаротушения, вентиляции МКО, сточных вод; сбора нефтесодержащих вод; система вентиляции и кондиционирования помещений; отопления, воздушных и перепускных труб; система палубных шпигатов и система охлаждения RSW танков.

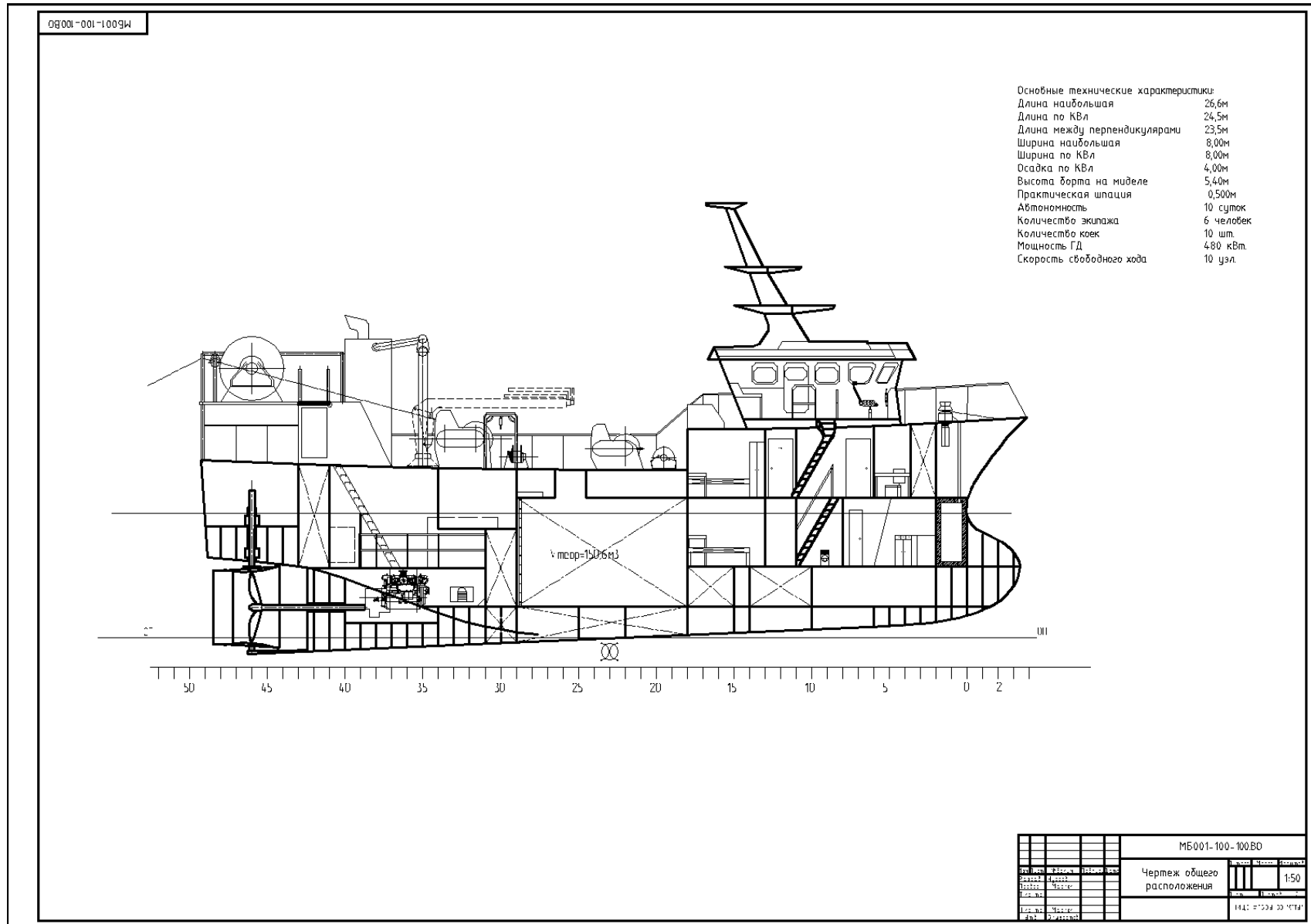


Рисунок 2.6.5 – Чертеж общего расположения – лист 1.

Результат указанной работы принят заказчиком, что подтверждает акт внедрения (Приложение Е).

2.6.7 Проверка выполнения требований РМРС

К любому судну в первую очередь предъявляются требования к остойчивости, аварийной остойчивости и непотопляемости.

Проверка посадки, начальной остойчивости и остойчивости на больших углах крена: расчет посадки и начальной остойчивости выполнялся при помощи ПО «Диалог-Статик» для случаев нагрузки приведённых в таблице 2.6.1.

Таблица 2.6.1 - Расчетные случаи нагрузки судна

№ п/п	Случай нагрузки	М, т	Xg, м	Zg, м
1	Судно порожнем	222	-0,421	3,77
2	Выход на промысел (100% запаса, 0% улова)	276	-0,540	3,37
3	Возвращение с промысла (10% запаса, 100% улова)	401	-0,494	3,34
4	Возвращение с промысла «Пролов» 10% запасов, 20% улова	278	-0,603	3,60
5	Возвращение с промысла «удачный рейс» 50% запасов, 100% улова	333	-0,534	3,40
6	На промысле 25% запасов, улов на палубе Груз на портале	354	-1,16	3,73
7	На промысле + обледенение	359	-1,13	4,00

Результаты расчета посадки и начальной остойчивости для каждого случая нагрузки представлен в таблице 2.6.2.

Таблица 2.6.2 - Расчет посадки и начальной остойчивости

№ п/п	Наименование	Размерность	Обозначение и расчётные формулы	Значения величин для каждого случая нагрузки						
				1	2	3	4	5	6	7
1	Водоизмещение массовое	т	M	222	276	401	278	333	354	359
2	Водоизмещение объёмное	м ³	$V=M/\rho$	217	269	391	271	325	345	350
3	Водоизмещение весовое	кН	$D=gM$	2178	2708	3934	2727	3267	3473	3522
4	Абсцисса ЦТ судна	м	X_g	-0,421	-0,540	-0,494	-0,603	-0,534	-1,160	-1,130
5	Апplikата ЦТ судна	м	Z_g	3,770	3,370	3,340	3,600	3,400	3,730	4,000
6	Осадка средняя	м	$T=f(M)$	3,490	3,490	3,490	3,490	3,490	3,490	3,490
7	Абсцисса ЦВ судна	м	$X_c=f(T)$	-0,119	-0,274	-0,757	-0,281	-0,509	-0,594	-0,613
8	Апplikата ЦВ судна	м	$Z_c=f(T)$	1,376	1,596	2,047	1,604	1,810	1,885	1,903
9	Апplikата МЦ судна	м	$Z_m=f(T)$	4,064	4,104	4,087	4,101	4,183	4,143	4,131
10	Продол. метацентр. радиус	м	$R_o=f(T)$	19,5	22,1	17,6	22,1	21,1	19,9	19,5
11	Площадь ватерлинии	м ²	$S=f(T)$	137,6	156,9	168,7	157,3	167,3	167,6	167,6
12	Абсцисса ЦТ площади ВЛ	м	$X_f=f(T)$	-0,281	-1,368	-2,026	-1,391	-1,953	-1,986	-1,987
13	Поперечная МЦВ	м	$h_o=Z_m-Z_g$	0,294	0,734	0,747	0,501	0,783	0,413	0,131
14	Поправка к МЦВ на см. пов.	м	$\delta h_o=-\sum \gamma_{ix}/D$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	Исправленная МЦВ	м	$h=h_o+\Delta h_o$	0,294	0,734	0,747	0,501	0,783	0,413	0,131
16	Продольная МЦВ	м	$H_o=R+Z_c-Z_g$	17,1	20,3	16,3	20,1	19,5	18,0	17,4
17	Угол дифферента судна	рад	$\psi=(X_g-X_c)/H_o$	-0,018	-0,013	0,016	-0,016	-0,001	-0,031	-0,030
18	Осадка судна носом	м	$T_H=T+(L/2-X_f)$	3,283	3,321	3,708	3,283	3,472	3,066	3,090
19	Осадка судна кормой	м	$T_K=T-(L/2+X_f)$	3,688	3,623	3,337	3,652	3,502	3,789	3,772
20	Число тонн на 1 см осадки	т/см	$q_{1cm}=0.01\rho S$	5,6	6,4	6,9	6,5	7,0	6,9	6,9
21	Момент, кренящий на 1°	кНм/град	$M_{1o}=Dh/57.3$	11,2	34,7	51,3	23,9	44,6	25,0	8,0
22	Момент, диффер. на 1 см	кНм/см	$M_{1cm}=0.01DH_o/L$	16,2	23,9	27,9	23,8	27,8	27,2	26,7

Для оценки остойчивости на больших углах крена были построены диаграммы статической и динамической остойчивости, которые представлены на рисунках 2.6.7 – 2.6.13.

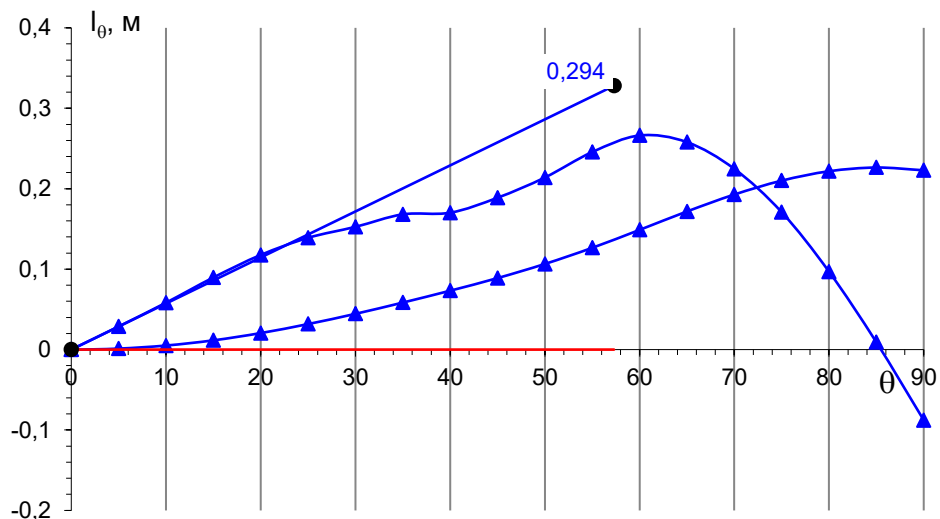


Рисунок 2.6.7 - ДСО и ДДО Судна порожнем

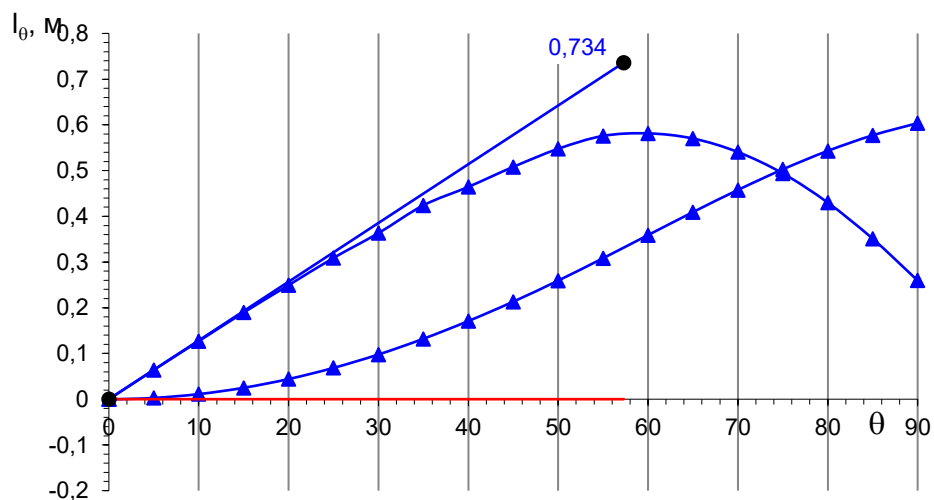


Рисунок 2.6.8 - ДСО и ДДО «Выход на промысел»

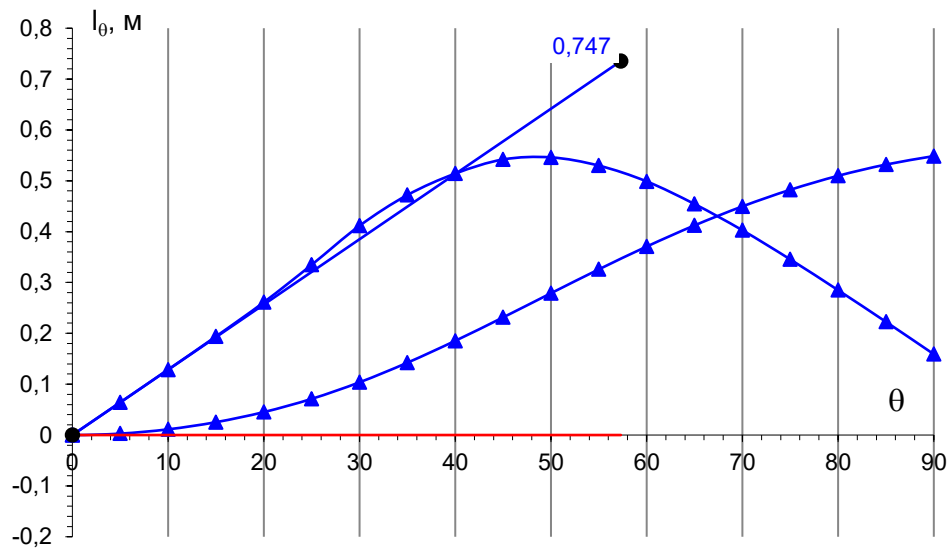


Рисунок 2.6.9 - ДСО и ДДО судна. Случай нагрузки «Возвращение с промысла» (10% запасов, 100% улова)

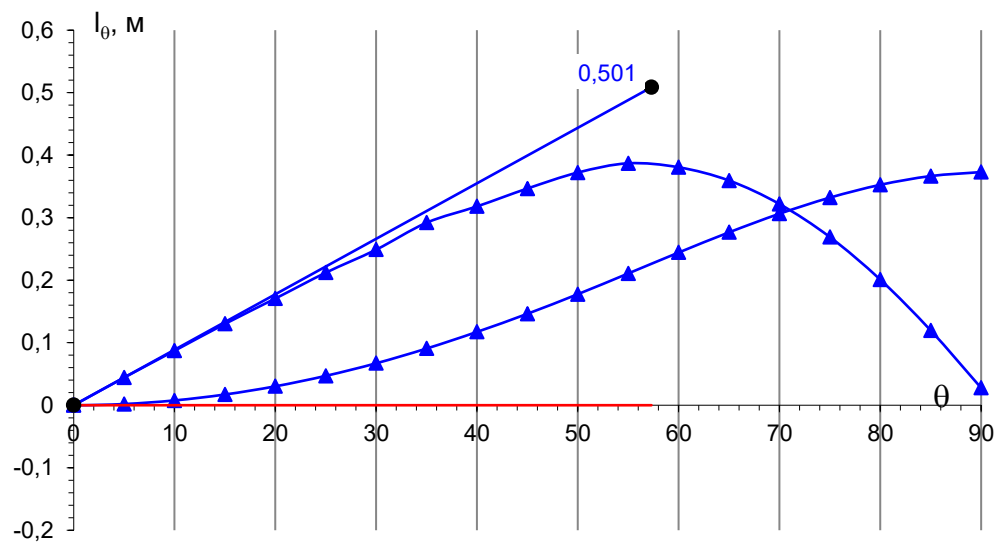


Рисунок 2.6.10 - ДСО и ДДО судна. Случай нагрузки «Пролов» (10% запасов, 20% улова)

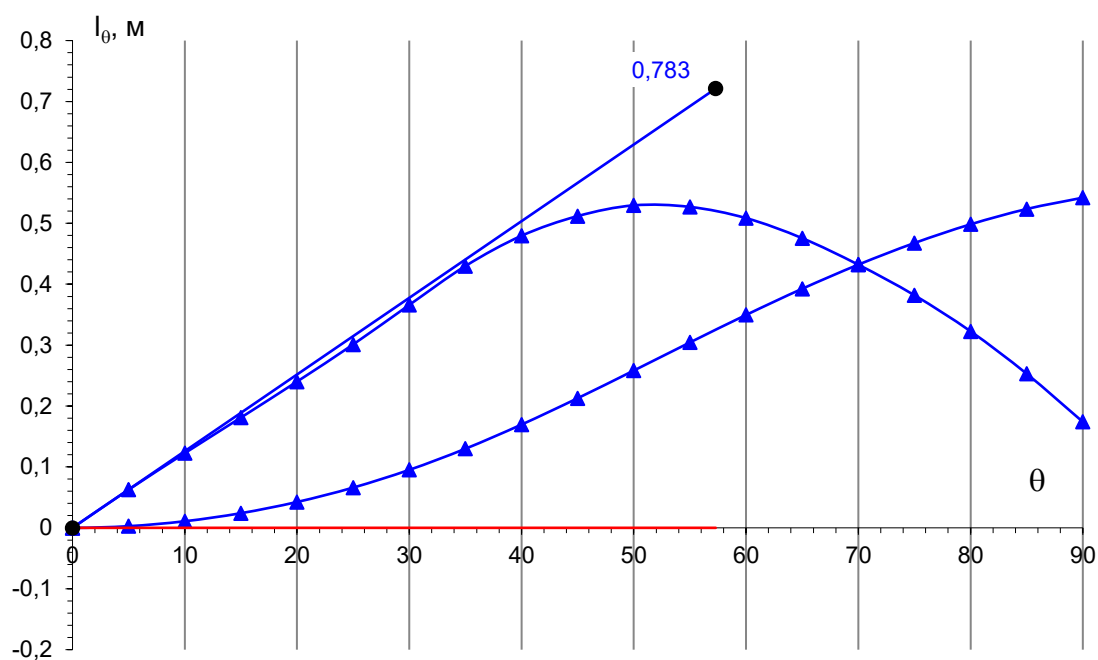


Рисунок 2.6.11 - ДСО и ДДО судна. Случай нагрузки «Удачный рейс» (50% за-
пасов, 100% улова)

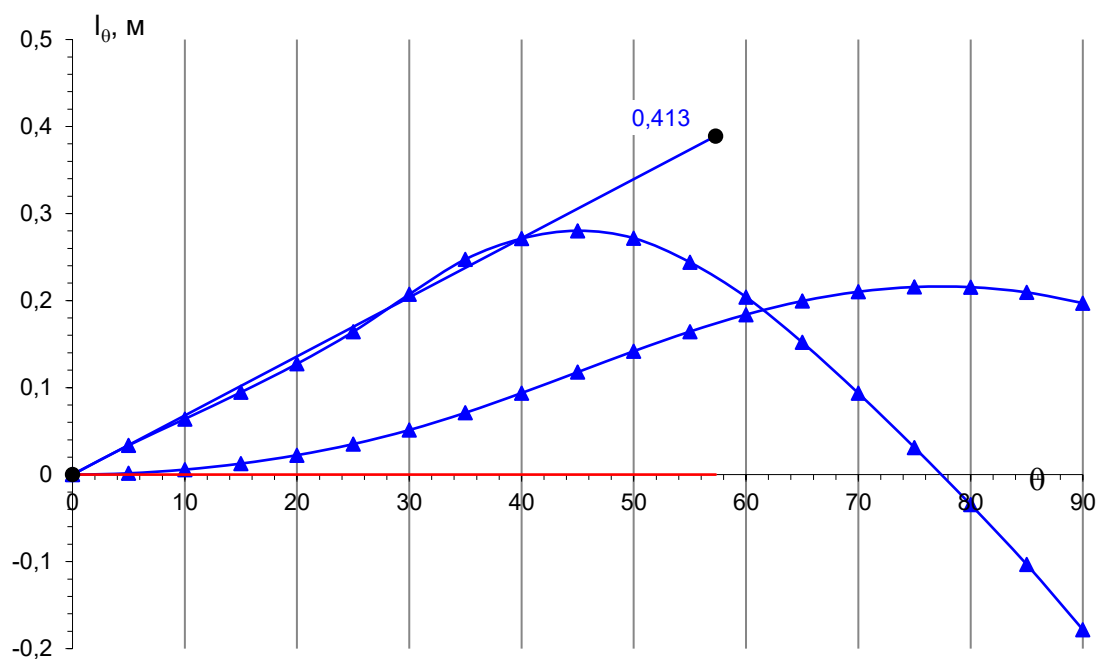


Рисунок 2.6.12 - ДСО и ДДО судна. Случай нагрузки «На промысле»

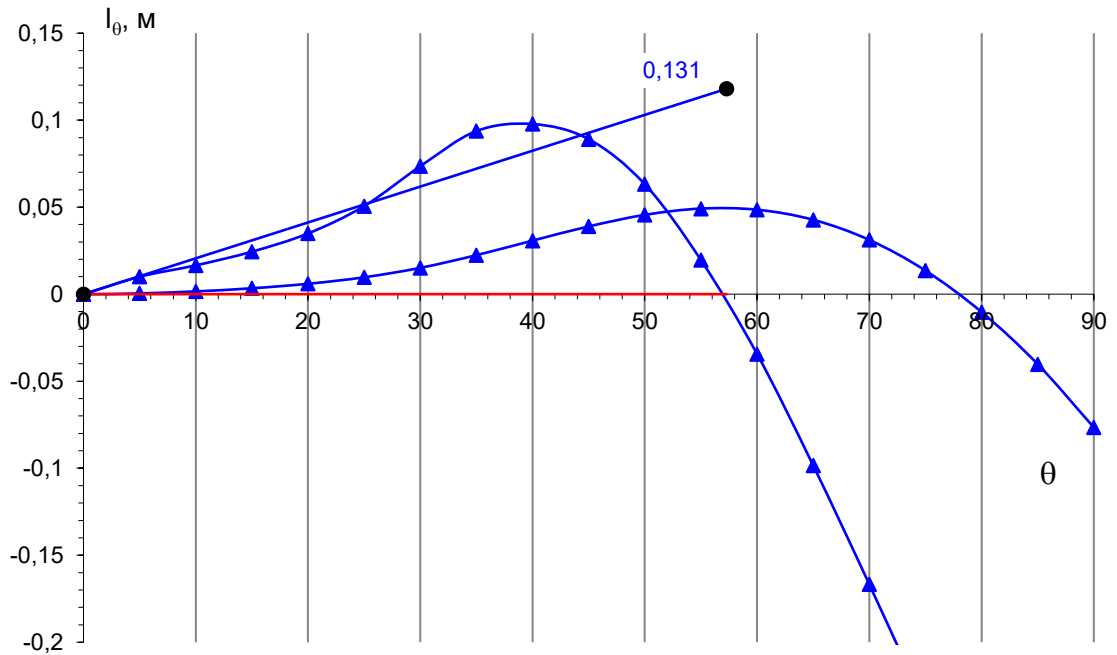


Рисунок 2.6.13 - ДСО и ДДО судна. Случай нагрузки «На промысле + обледенение»

Остойчивость судна может считаться удовлетворительной, если выполняются следующие требования (в соответствии с требованиями Правил РМРС):

- площадь под положительной частью диаграммы статической устойчивости должна быть не менее чем 0,055 мрад до угла крена 30°;
- площадь под положительной частью диаграммы статической устойчивости между углами крена 30° и 40° должна быть не менее чем 0,03 мрад;
- площадь под положительной частью диаграммы статической устойчивости должна быть не менее чем 0,09 мрад до угла крена 40°;
- исправленная начальная метацентрическая высота h должна иметь значение не менее 0,15 м;
- угол заката диаграммы статической устойчивости должен быть не менее 60°;
- плечо максимума диаграммы статической устойчивости должно быть не менее 0,22 м при угле крена не менее 30°.

Анализ расчета показал, что судно удовлетворяет требованиям устойчивости во всех случаях нагрузки, кроме случая «на промысле + обледенение». Следовательно, необходимо принимать соответствующие меры для обеспечения безопасности судна при работе с донным тралом в зимнее время.

§2.7 Уравнения проектирования

Результаты разработки аванпроекта показали возможность создания нового перспективного рыболовного судна, соответствующего требованиям Правил Российского Морского Регистра Судоходства. Однако, поскольку в данной проработке не учитывались экономические характеристики судна, то результат проработки аванпроекта будет являться прототипом для следующих этапов проектирования, в частности концептуального проекта.

На данном этапе целесообразно разработать (составить) следующие уравнения проектирования – уравнения весов, вместимости (объемов), устойчивости, коэффициента полноты ватерлинии и относительного удлинения.

Для составления уравнения мощности требуется проведения дополнительных исследований в опытовом бассейне, которые будут представлены в разделе 3 настоящей работы.

2.7.1 Исходные данные для составления уравнений проектирования

Для составления уравнений проектирования используются данные судна – прототипа, полученного в результате проработки аванпроекта (таблица 2.7.1)

Таблица 2.7.1 - Исходные данные для разработки математической модели

Наименование	Обозначение	Величина
Длина судна между перпендикулярами	L_0 , м	23,5
Длина судна габаритная	L_{max0} , м	26,6
Ширина судна	B_0 , м	8,00
Высота борта	H_0 , м	5,40
Осадка судна в полном грузу на миделе	T_0 , м	3,41

Продолжение таблицы 2.7.1

Наименование	Обозначение	Величина
Коэффициент общей полноты	δ_0	0,617
Коэффициент полноты ватерлинии	α_0	0,872
Коэффициент полноты мидель-шпангоута	β_0	0,839
Мощность главного двигателя	$N_{гд0}$, кВт	480
Мощность 1 ВДГ	$N_{вдг1}$, кВт	200
Мощность 2 ВДГ	$N_{вдг2}$, кВт	60
Суммарная мощность судовой электростанции*	$N_{сэс0}$, кВт	260
Автономность	A_0 , сутки	10
Удаленность района промысла от порта	R , миль	90
Численность экипажа	$n_{эк0}$, чел.	10
Апplikата центра тяжести судна	$z_{г0}$, м	3,34
Поперечная метацентрическая высота	h_0 , м	0,747
Площадь смоченной поверхности	S_0 , м ²	169,1
Шпация	a_f , м	0,50
Удельный расход топлива ГД	$g_e N_{гд}$, г/(кВт*ч)	200
Удельный расход топлива 1 ВДГ	$g_e N_{вдг1}$, г/(кВт*ч)	207
Удельный расход топлива 2 ВДГ	$g_e N_{вдг2}$, г/(кВт*ч)	200

Примечание: * - вычисляется как сумма мощностей двух вспомогательных дизель-генераторов

2.7.2 Уравнение весов

Уравнение весов составляется в соответствии с рекомендациями [14] по укрупненным статьям нагрузки прототипа (аванпроекта):

P010 – Корпус;

P020 – Устройства судовые;

P030 – Системы судовые;

P040 – Энергетическая установка;

P050 – Электроэнергетическая система, связь и управление;

P070 – Вооружение;

P110 – Запас водоизмещения;

P120 – Постоянные жидкие грузы;

P130 – Снабжение, имущество.

Статьи дедвейта приняты для случая нагрузки судна (аванпроекта) с максимальным значением водоизмещения, а именно «Возращение с промысла; 10% запасов; 100% улова»).

P140 – Экипаж, провизия, вода, расходные материалы;

P150 – Груз перевозимый;

P160 – Запас топлива; ГСМ;

P170 – Переменные жидкие грузы.

Таким образом, значение водоизмещения судна порожнем будет вычисляться по формуле:

$$D_{пор} = P01 + P02 + P03 + P04 + P05 + P07 + P11 + P12 + P13, \text{ тонн} \quad (2.7.1)$$

а значение дедвейта судна по формуле:

$$Dwt = P14 + P15 + P16 + P17, \text{ тонн} \quad (2.7.2)$$

Для составления непосредственно уравнения масс для системы уравнений, определяются измерители, а именно:

измеритель для статьи «Корпус»

– измеритель для статьи «Корпус»;

$$a01 = \frac{P01}{\delta 0^{\frac{1}{3}} * L0^{\frac{3}{2}} * B0 * H0^{\frac{1}{2}}} \quad (2.7.3)$$

– измеритель для статьи «Устройства судовые»;

$$a02 = \frac{P02}{L0 * B0 * H0} \quad (2.7.4)$$

– измеритель для статьи «Системы судовые»;

$$a_{03} = \frac{P_{03}}{L_0 * B_0 * H_0} \quad (2.7.5)$$

– измеритель для статьи «Энергетические установки»;

$$a_{04} = \frac{P_{04}}{N_{гд0} + N_{сэс0}} \quad (2.7.6)$$

– измеритель для статьи «Электроэнергетическая система, связь и управление»;

$$a_{05} = \frac{P_{05}}{L_0 * B_0 * H_0} \quad (2.7.7)$$

– измеритель для статьи «Запас водоизмещения»;

$$a_{11} = \frac{P_{11}}{D_{полн0}} \quad (2.7.8)$$

– измеритель для статьи «Переменные жидкие грузы»;

$$a_{17} = \frac{P_{17}}{A_0} \quad (2.7.9)$$

Таким образом, определение статей нагрузок новых судов будет происходить по формулам с использованием полученных измерителей. Например, формула расчета по статье нагрузки корпус будет иметь вид:

$$P_{01} = a_{01} * (\delta_0^{\frac{1}{3}} * L_0^{\frac{3}{2}} * B_0 * H_0^{\frac{1}{2}}), \text{ тонн} \quad (2.7.10)$$

Для расчета статей нагрузки дедвейта будут использоваться следующие зависимости:

$$P_{14} = P_{эк} + P_{пров} + P_{прв}, \text{ тонн}, \quad (2.7.11)$$

где P_{14} – масса статьи нагрузки дедвейта «Экипаж, провизия, пресная вода», которая в свою очередь состоит из:

- массы экипажа с багажом, $P_{ЭК}$, тонн:

$$P_{ЭК} = n_{ЭК} * p_{ЭК} \quad (2.7.12)$$

- массы провизии, $P_{Пров}$, тонн:

$$P_{Пров} = 0,1 * n_{ЭК} * p_{Пров} * A \quad (2.7.13)$$

(здесь и далее - коэффициент 0,1 используется, т.к. случай при котором достигается максимальное значение водоизмещения у судна прототипа – Возвращение с промысла – 10% запасов, 100% улова);

- массы пресной воды, $P_{Прв}$, тонн:

$$P_{Прв} = 0,1 * n_{ЭК} * p_{Прв} * A. \quad (2.7.13)$$

$$P_{15} = V_{тр} * v_{гр}, \text{ тонн} \quad (2.7.14)$$

где P_{15} – масса статьи нагрузки дедвейта «Груз перевозимый», в которой $v_{гр}$ – удельная погрузочная кубатура, $\frac{т}{м^3}$, рассчитываемая по формуле:

$$v_{гр} = \frac{P_{150}}{V_{тр0}} \quad (2.7.15)$$

Остальные составляющие уравнения весов приведены в приложении И к настоящему диссертационному исследованию.

Таким образом, уравнение весов можно представить в виде:

$$\begin{aligned} D = & a_{01} * \left(\delta^{\frac{1}{3}} * L^{\frac{3}{2}} * B * H^{\frac{1}{2}} \right) + L * B * H * (a_{02} + a_{03} + a_{05}) + N_{гд} \\ & * (a_{04} + g_e N_{гд} * 24 * 1,1 * 0,1 * A * 10^{-6}) + P_{070} \\ & + P_{120} + P_{130} + a_{04} * N_{сэс0} + P_{14} + P_{15} + A * a_{17} \\ & + N_{вдг1} * g_e N_{вдг1} * A * 24 * 1,1 * 0,1 * 10^{-6} + N_{вдг2} \\ & * g_e N_{вдг2} * A * 24 * 1,1 * 0,1 * 10^{-6}, \end{aligned} \quad (2.7.16)$$

где 1,1 – морской запас, учитывающий случайные факторы, связанные с погодными условиями и т.п.

A – автономность по запасам, принятая равной 7 сут.

2.7.3 Уравнение вместимости (объемов)

Уравнение вместимости составляется, согласно рекомендациям [14] по основным данным судна-прототипа.

Для составления уравнения вместимости выделяют следующие объемы:

- объем носового бульба и отсеков, которые могут быть использованы под жидкий балласт в носовой части;
- объем цепного ящика;
- объем помещений, которые могут быть использованы под «боцманские кладовые»;
- объем под цистерну пресной воды;
- объем под цистерну сточных вод;
- объем жилых помещений;
- объем ахтерпика с румпельным отделением;
- объем под помещение генератора льда;
- объем под машинное отделение;
- объем под грузовой трюм;
- объем под коффердамы;
- объемы под системы рыбонасоса;
- объем под топливные цистерны;
- объем под цистерны нефтесодержащих вод;
- прочие объемы.

Под каждый объем составлено соответствующее уравнение, зависящее от основных элементов судна и других его характеристик.

Остальные составляющие уравнения вместимости (объемов) представлены в приложении И к настоящему диссертационному исследованию.

Таким образом, уравнение объемов можно представить в виде:

$$\begin{aligned}
 L * B * T * \delta * \left(\frac{H}{T}\right)^{\frac{\alpha}{\delta}} * w_{koff_1} \\
 = W_{indep} + B * L * engine + B \\
 * \left(T * L * \frac{\delta}{\beta} * \eta_{bow} + L * peop + kofe\right),
 \end{aligned}
 \tag{2.7.17}$$

где w_{koff_1} , W_{indep} , $engine$, η_{bow} , $peop$, $kofe$ – вспомогательные коэффициенты, представленные в приложении И.

2.7.4 Уравнение остойчивости

Уравнение остойчивости составлено в соответствии с рекомендациями [84] и носит проверочный характер.

Уравнение остойчивости составлено в виде отношения ширины к осадке судна с использованием относительных величин, таких как:

– относительного возвышения центра тяжести судна, ξ :

$$\xi = \frac{zg^0}{H_0}; \tag{2.7.18}$$

– относительная поперечная метацентрическая высота, hh :

$$hh = \frac{h_0}{B_0}. \tag{2.7.19}$$

Также, согласно [84], в уравнении учитываются следующие поправочные коэффициенты:

$$kc = 1,017 \pm 0,023 \tag{2.7.20}$$

(принят равным 0,994)

$$kp = \frac{\left(\frac{\alpha_0}{\varphi_0}\right)^{1/3}}{12} \tag{2.7.21}$$

Полный вид уравнения устойчивости представлен в приложении И к настоящему диссертационному исследованию.

Уравнение устойчивости в общем виде можно представить в виде:

$$\frac{B}{T} = \left(hh + \sqrt{hh^2 - 4 * \left(kp * \frac{\alpha 0^2}{\delta 0} \right) * \left(kc * \frac{1}{1 + \frac{\delta 0}{\alpha 0}} - \xi * \frac{H0}{T0} \right)} \right) * \left(2 * kp * \frac{\alpha 0^2}{\delta 0} \right)^{-1} \quad (2.7.23)$$

2.7.5 Уравнение плавучести

Уравнение плавучести представлено в классическом виде:

$$D = \rho * L * B * T * \delta \quad (2.7.24)$$

Разработанные уравнения использованы в системе уравнений проектирования в рамках выполнения технико-экономического расчета в 4 главе.

Выводы по главе 2

По результатам исследований, изложенных во второй главе, обоснована и разработана концепция малого рыболовного траулера для работы в акватории Балтийского моря.

На основании предложенной концепции разработан аванпроект судна, соответствующий требованиям Правил Регистра.

По результатам аванпроекта получены аналитические зависимости (уравнения проектирования), необходимые для работы над перспективным судном на последующих этапах проектирования.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ МРТ ДЛЯ БАЛТИКИ

§3.1 Анализ результатов аванпроекта проекта.

Приведенные в предыдущей главе результаты показывают возможность создания перспективного промыслового судна нового типа, удовлетворяющего всем правилам классификационных обществ. Однако, любое проектирование основывается на методе последовательных приближений, и, соответственно, существуют моменты, которые необходимо подвергнуть критике с целью улучшения их на последующих этапах проектирования.

3.1.1 Вместимость грузовых трюмов

Одним из основных показателей любого промыслового судна является грузоподъемность / грузовместимость грузовых трюмов. В данном случае, этим показателем является объем грузовых трюмов для хранения улова наливом. В концептуальном проекте этот показатель составляет 150 м^3 .

Обращаясь к информации о среднесуточных выловах в 26 подрайоне Балтийского моря (рисунок 1.1.2 - Средний объем вылова на судо-сутки по месяцам), максимальный вылов составляет 38,5 тонн/судо-сутки для судов иностранной постройки в декабре месяце, а в среднем по году данный показатель составляет 20,4 тонн/судо-сутки.

Таким образом, если объем грузовых трюмов составляет 150 кубических метров, то для их заполнения потребуется 3,7 суток (при среднем показателе выловов 20,4 тонны/судо-сутки и соотношения водорыбной смеси 1:1). Как отмечалось в п. 2.2 настоящей работы, рекомендуемая продолжительность хранения улова в жидкой среде во избежание потери товарного вида – не более 1 суток. Следовательно, для повышения качества добываемых биоресурсов, целесообразно уменьшить время хранения улова на борту, а учитывая небольшие среднесуточные выловы – уменьшить объем грузовых наливных трюмов до 100 – 120 кубических метров.

Уменьшение кубатуры трюмов на 20 – 30% может повлечь за собой уменьшение размеров судна, что обязательно положительно повлияет на построечную стоимость, либо позволит улучшить условия размещения экипажа на борту судна.

3.1.2 Форма корпуса и мореходные качества

Проверочные расчеты остойчивости и непотопляемости, выполненные в концептуальном проекте, показывают, что все требования к безопасности выполняются, кроме одного случая нагрузки – «на промысле, груз на портале + обледенение». Данный случай происходит при работе с донным тралом (поднятие части кутка на портале для выливки улова на палубу для предварительной обработки) в зимний период. Следовательно, необходимо уделить отдельное внимание вопросам формы корпуса для улучшения безопасности судна на промысле.

Теоретический чертеж судна, разработанный на этапе концептуального проекта, представлен на рисунке 2.6.1. Конечно, полноценный анализ формы корпуса можно получить только в результате модельных испытаний, которые, надо отметить, не были проведены на этапе разработки аванпроекта. Если отталкиваться только от имеющейся информации (ТЧ) то можно сделать вывод о том, что форма корпуса, в первом приближении, достаточно мореходна и имеет хороший потенциал, т.к. длина подводной части судна максимально увеличена для уменьшения числа Фруда и улучшены условия обтекания. Однако, необходимо обратить внимание на относительно большое заглубление транца при осадке по КВл. Большая площадь погруженной части транца будет «тащить» большие массы воды, тем самым будет образовываться дополнительный нежелательный источник сопротивления судна.

Для подтверждения или опровержения вышеуказанных соображений было проведено исследование формы корпуса судна с использованием ПО Maxsurf. Исследование включает в себя создание модели корпуса в модуле Modeler, вхо-

дящего в состав ПО Maxsurf, а также расчет и построение картины волнообразования при движении корпуса судна на тихой воде в модуле Resistance ПО Maxsurf.

Модель корпуса судна, созданная с использованием модуля Modeler ПО Maxsurf, представлена на рисунках 3.1.1 и 3.1.2. Исходными данными для создания модели судна является теоретический чертеж судна.

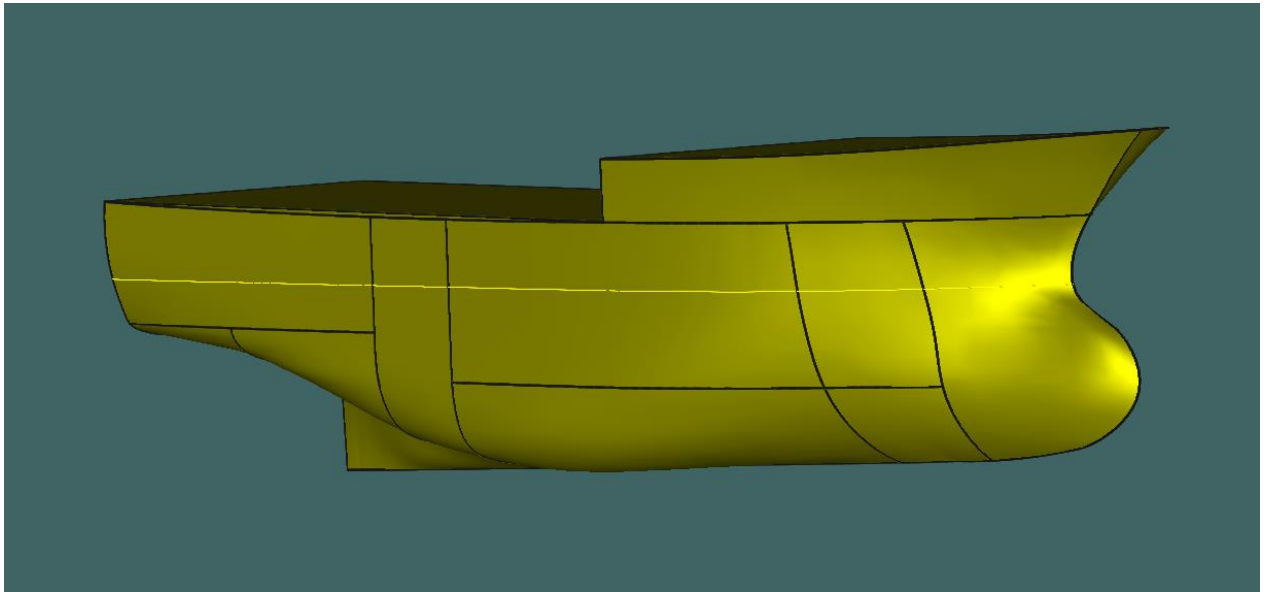


Рисунок 3.1.1 - Модель корпуса судна, созданная с использованием ПО Maxsurf

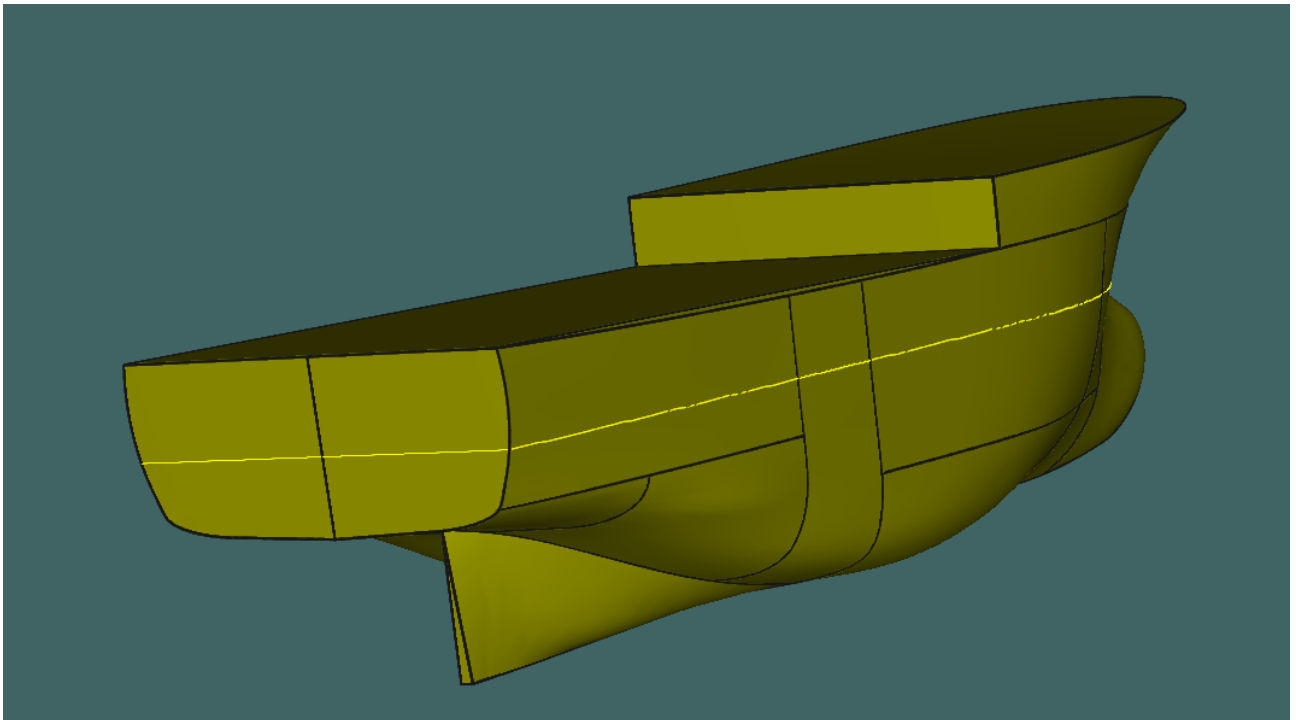


Рисунок 3.1.2 - Модель корпуса судна, созданная с использованием ПО Maxsurf

На модели (рисунок 3.1.1 и 3.1.2) желтым цветом показана конструктивная ватерлиния 4,0 м от ОП.

Далее модель корпуса судна была экспортирована в модуль Resistance, в котором было произведено моделирование движения судна на тихой воде. Картина волнообразования представлена на рисунках 3.1.3, 3.1.4 и 3.1.5.

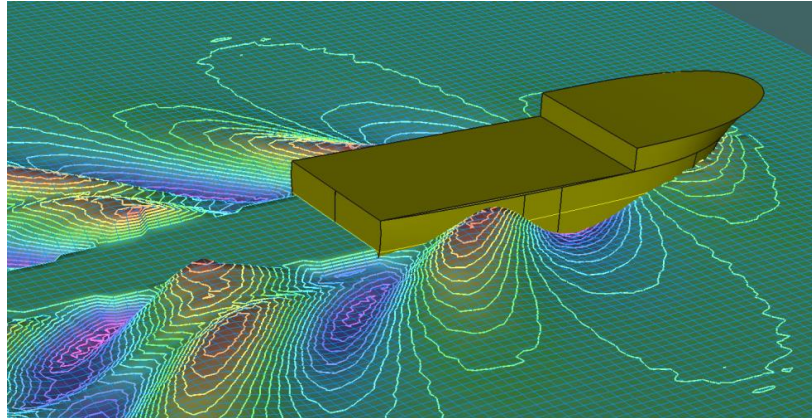


Рисунок 3.1.3 - Картина волнообразования от движения судна.

Скорость 10 узлов

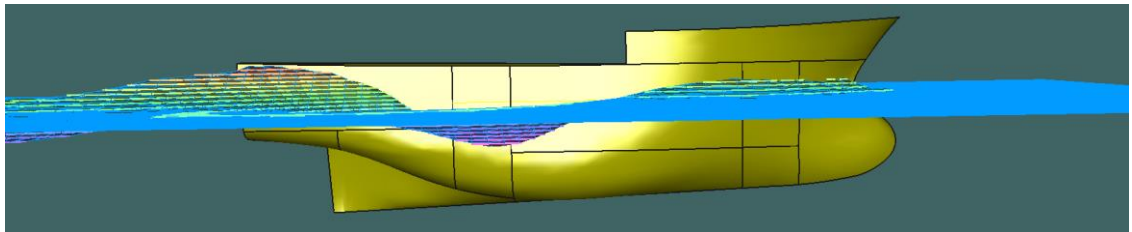


Рисунок 3.1.4 - Картина волнообразования от движения судна.

Скорость 10 узлов

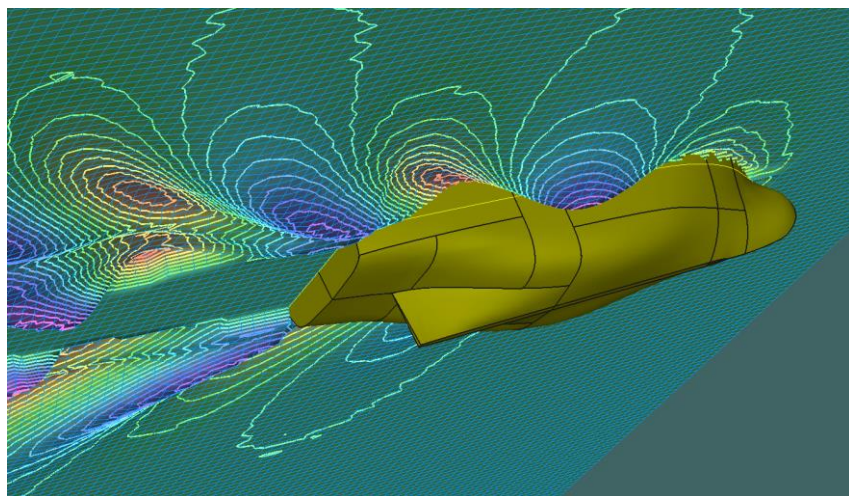


Рисунок 3.1.5 - Картина волнообразования от движения судна.

Скорость 10 узлов

На представленных рисунках можно четко увидеть профиль корабельных волн, а также области высокого и низкого давлений, образуемых волной. Помимо этого, особенно на рисунке 3.1.5, отчетливо видна погруженная часть транца и достаточно крупная область невозмущенной поверхности воды, тянущаяся за транцем.

Кроме картины волнообразования, в модуле Resistance ПО Maxsurf, можно спрогнозировать данные буксировочной мощности и буксировочного сопротивления. Методики расчета, заложенные в указанный модуль, основываются на различных алгоритмах, разработанных по результатам проведенных серийных модельных испытаний для различных типов судов, либо на внутренних аналитических алгоритмах.

Таким образом, в ПО Maxsurf Resistance была проведена оценка буксировочного сопротивления построенной модели по следующим методам (алгоритмам), применимым к водоизмещающим судам, заложенным в ПО [85]:

- метод Веймана (Wyman) – алгоритм для водоизмещающих судов;
- метод Холтропа (Holtrop) – алгоритм предназначен для прогнозирования сопротивления танкеров, грузовых судов, рыболовных судов, буксиров, контейнеровозов;
- метод Комптона (Compton) - алгоритм предназначен для прогнозирования сопротивления типичных форм корпусов прибрежных патрульных, рабочих или прогулочных катеров с транцевой формой кормы, работающими в водоизмещающих и переходных режимах движения.
- метод Фанга (Fung) - алгоритм применим для прогнозирования сопротивления водоизмещающих судов с транцевой формой кормы (обычно используется для более крупных судов, чем Комптон). Регрессия основана на данных испытаний 739 моделей в модельном бассейне Дэвида Тейлора и состоит из более 10 000 точек данных, серия Fung and Leibman (1995).
- метод Ван Оормерссена (van Oortmerssen) – используется для оценки сопротивления небольших судов, таких как траулеры и буксиры.

Необходимо отметить, что результаты оценочных расчетов буксировочного сопротивления смоделированного корпуса судна, произведенные по вышеуказанным методам, нельзя полноценно использовать в дальнейших проработках. Причиной этому является выпадение таких характеристик исследуемого судна, как отношение длины к ширине L/B , отношение ширины к осадке B/T , коэффициентов общей полноты δ и коэффициента продольной полноты φ из расчетных диапазонов, заложенных в алгоритмах программы.

Помимо методов, основанных на данных серийных испытаниях, в Maxsurf Resistance имеется аналитический метод тонкого тела (slender body method). Указанный метод основан на работах Така (Tuck) (1999) и Каузера (Couser) (1996) и использует подход, основанный Мичеллем (Michell) в 1898 году для расчета волнового сопротивления корпуса симметричного диаметральной плоскости. Указанный метод может применяться ко многим различным формам корпуса судов, включая многокорпусные. Отдельные корпуса должны быть тонкими (малую ширину по сравнению с длиной) и должны быть симметричны относительно их диаметральной плоскости. В методе тонкого тела *игнорируются гидродинамические силы поддержания*, что ограничивает применимость этого метода для больших скоростей. В целом приемлемые результаты могут быть получены для широкого спектра одно- и многокорпусных судов, работающих при нормальных числах Фруда.

Аналитический метод тонкого тела предсказывает только компонент волнового сопротивления. Чтобы рассчитать общее сопротивление, MAXSURF Resistance рассчитывает и добавляет компонент вязкостного сопротивления, используя метод расчета коэффициента трения в соответствии с методикой ИТТС'57 и указанный форм-фактор.

Необходимо обратить внимание, что результаты аналитического метода тонкого тела также не могут быть использованы в полном объеме для ведения работ на более поздних этапах проектирования. Корпус судна при движении

имеет динамическую просадку / всплытие (изменение ходовой посадки) в зависимости от скорости судна, что не учитывается в ПО Resistance Maxsurf. Этот фактор, в свою очередь, может оказывать значительное влияние на точность результатов.

Основываясь на вышеизложенном, можно сделать вывод о существовании двух вариантов проведения исследований формы корпуса перспективного промыслового судна – использование более «мощных» программных продуктов, например, Ansys Fluent, способных решить поставленную задачу методом конечных элементов, либо с использованием модельных испытаний в опытовом бассейне.

Использование ПО Ansys не представляется возможным в настоящей работе в виду нескольких причин: дороговизна программы, необходимость правильной постановки расчетной задачи и граничных условий в задаче, а также повышенные требования к вычислительной технике.

Таким образом, в настоящей работе все дальнейшие исследования основаны на модельных испытаниях, проведенных в опытовом бассейне Лаборатории мореходных качеств судов Научно-исследовательского центра судостроения ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет». Все эксперименты проводятся в соответствии с документом 204-ЛМКС.000.001-МИ «Буксировочные испытания моделей судов. Методика» [86], применяемым в Лаборатории мореходных качеств судов Научно-исследовательского центра судостроения ФГБОУ ВО «КГТУ».

Следует отметить, что вопросом повышения мореходных качеств судов, в том числе судов промыслового флота, активно занимаются в России и за рубежом. Об этом свидетельствуют научные публикации [87 - 91].

§3.2 Экспериментальные исследования на тихой воде

Экспериментальные исследования моделей судов на тихой воде проводятся с целью определения буксировочного сопротивления и буксировочной

мощности судна с целью подбора главного двигателя, а также для оптимизации формы корпуса с целью минимизации буксировочного сопротивления.

Необходимо отметить, что расчетным режимом для малых промысловых траулеров является траление на скоростях 4 – 6 узлов. На указанных скоростях агрегатное сопротивление трала в разы больше буксировочного сопротивления корпуса судна. Выбор мощности ГД обычно производят непосредственно под расчетный режим – траление, а на режиме свободного хода определяется максимально достижимая скорость при выбранном ГД.

Существует мнение, что, поскольку расчетным режимом является траление, то нет необходимости заниматься скрупулезной отработкой формы корпуса для оптимизации ходкости на свободном ходу. Однако бульбовая носовая оконечность, форма носового бульба, ходовое изменение посадки судна и практически постоянная эксплуатация судна на волнении требует комплексного исследования, а уменьшение буксировочного сопротивления на полном ходу даже на 1 процент сможет дать ощутимую экономию по топливу за достаточно большой временной промежуток.

Исследования перспективного промыслового судна проведены в ходе модельных испытаний судна типа МРТК, разработанного конструкторским бюро «Адомат» (город Светлый, Калининградская область) для ведения промысла в Балтийском море. Основные данные по судну представлены в таблице 3.2.1, а теоретический чертеж представлен на рисунке 3.2.1. Здесь и далее это судно будет называться МРТК «Адомат».

Таблица 3.2.1 - Основные данные по судну типа МРТК «Адомат»

Тип судна, название	МРТК нового типа
Назначение	Лов и перевозка рыбы
Длина между перпендикулярами	23,1 м
Ширина габаритная	8,50 м
Ширина по КВЛ	8,50 м
Расчетная скорость свободного хода	11,0 узлов

В соответствии с техническим заданием, исследования корпуса МРТК «Адомат» проводились с целью поведения на тихой воде в случаях нагрузки судна, приведенных в таблице 3.2.2.

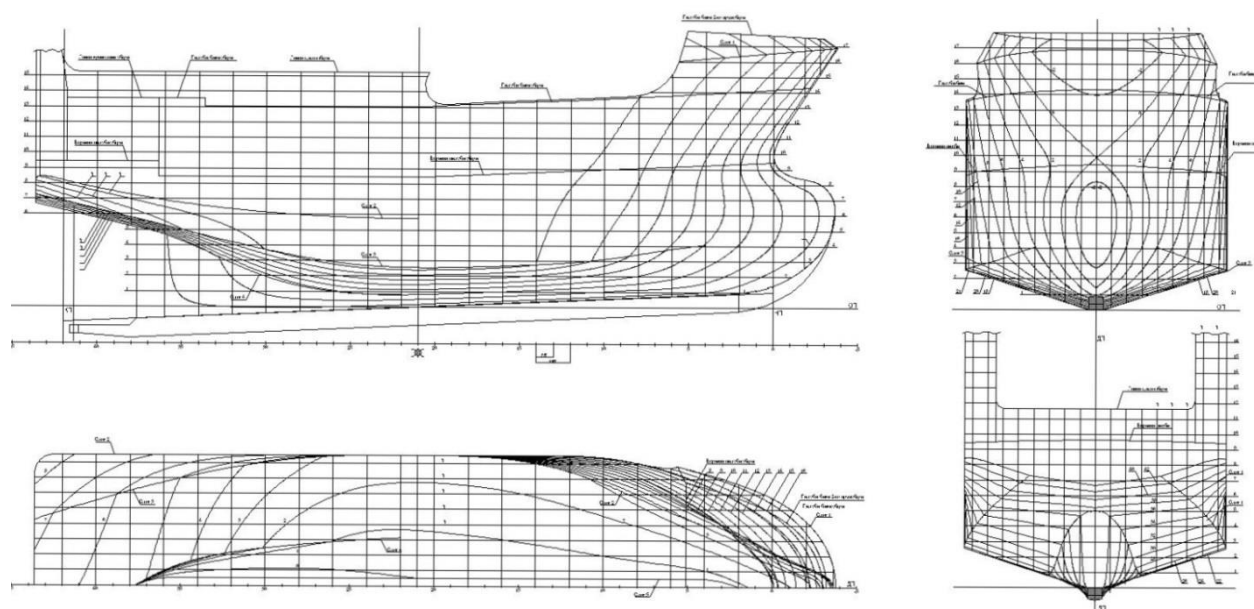


Рисунок 3.2.1 - Теоретический чертеж МРТК «Адомат»

Таблица 3.2.2 - Случаи нагрузки судна МРТК «Адомат»

Наименование	1 случай нагрузки	2 случай нагрузки	3 случай нагрузки
Посадка судна	$T=3,80$ м Ровный киль	$T_H=3,43$ м; $T_K=4,17$ м	$T_H=2,71$ м; $T_K=3,91$ м
Примечание: водоизмещение судна в 1-ом и 3-ем случае нагрузки одинаково			

Во время испытаний фиксировались следующие показатели: сопротивление воды движению модели судна, изменение посадки судна на миделе, изменение посадки судна в носу (в районе форштевня).

В результате исследований было выявлено, что по достижению ожидаемых скоростей движения судна (9-12 узлов, F_r 0,36-0,39) наблюдалось сильное уве-

личение буксировочного сопротивления и достаточно большой ходовой дифферент на нос. Кривые изменения остаточного сопротивления и ходового дифферента модели судна представлены на рисунках 3.2.2 и 3.2.3 соответственно.

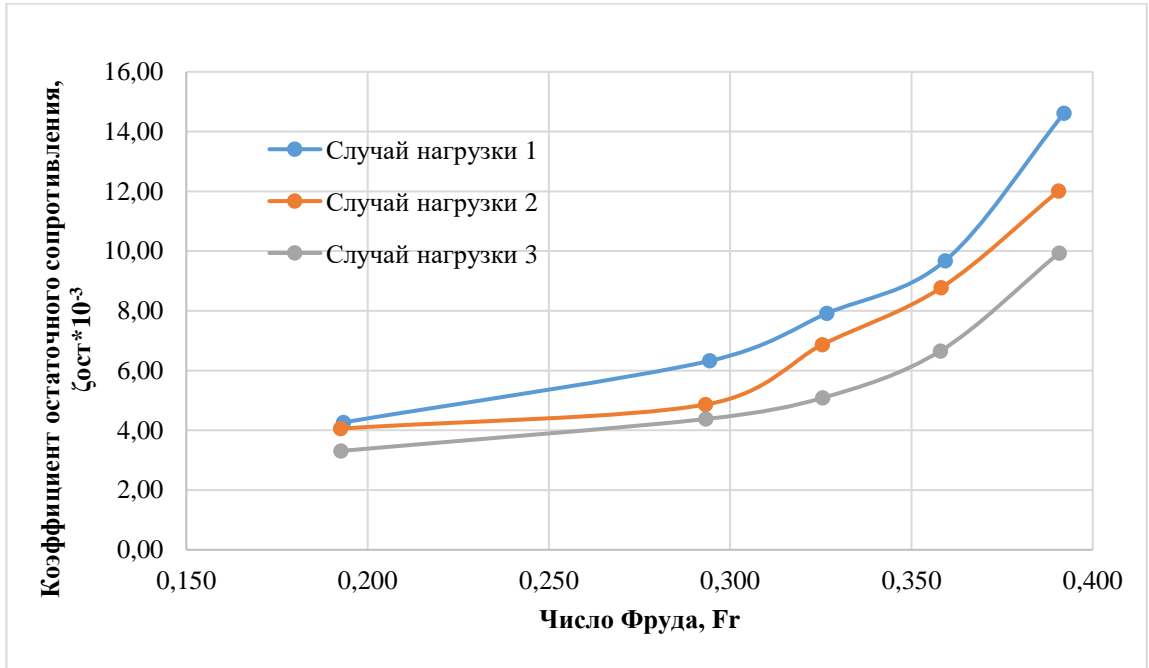


Рисунок 3.2.2 - Зависимость коэффициента остаточного сопротивления судна от числа Фруда

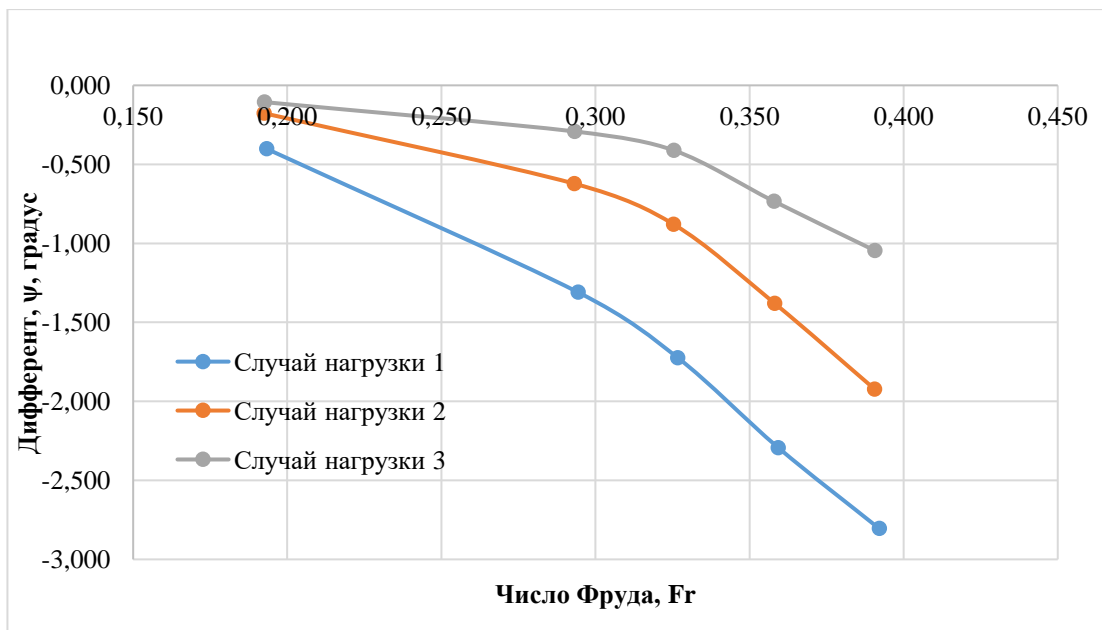


Рисунок 3.2.3 - Зависимость изменения дифферента судна от числа Фруда

Примечание: отрицательное значение дифферента – дифферент на нос.

Исследования показали, что на переходных режимах наблюдался относительно большой ходовой дифферент на нос. Причиной этому может являться как область низкого давления, образующаяся в районе наибольших объемов корпуса при обтекании жидкости на относительно больших числах Фруда, так и геометрическая форма носового бульба модели, которая может давать дифферунтующий на нос момент в процессе движения. Это явление можно увидеть на фотографиях носовой оконечности при проведении испытаний (рисунки 3.2.4 – 3.2.6).



Рисунок 3.2.4 – Испытания МРТК «Адомат» в 1-ом случае нагрузки. Вид сбоку.

Скорость 11 узлов



Рисунок 3.2.5 – Испытания МРТК «Адомат» в 2-ом случае нагрузки. Вид сбоку.
Скорость 11 узлов

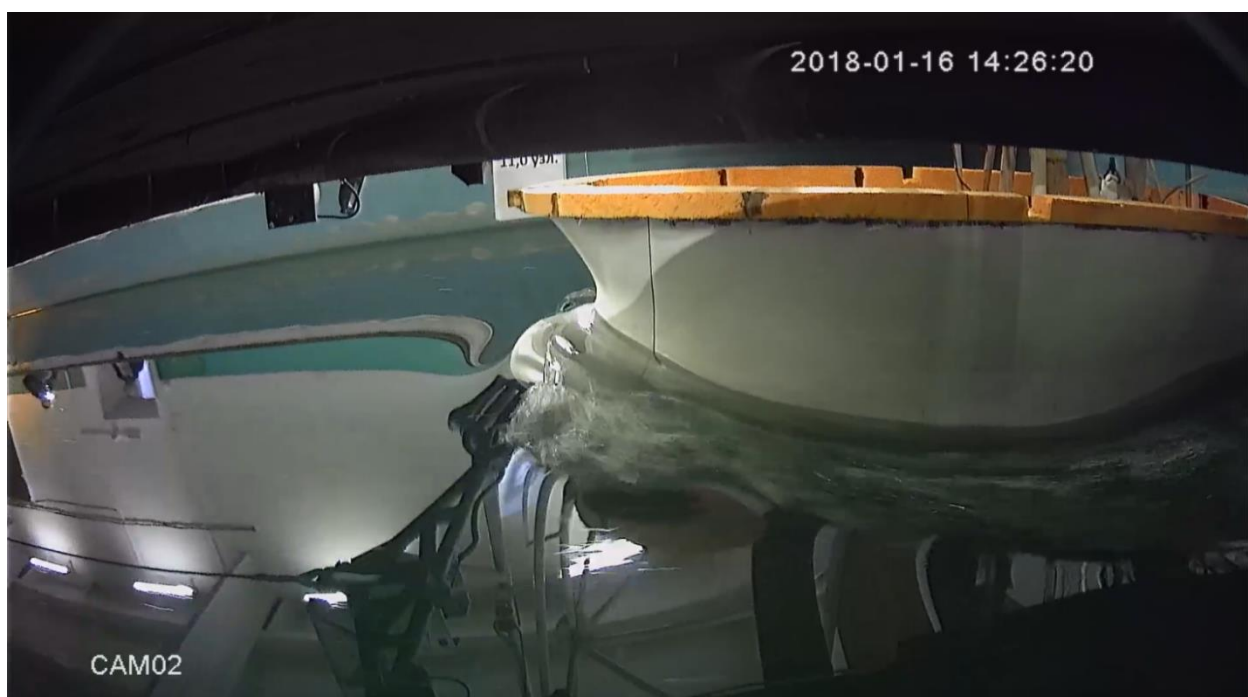


Рисунок 3.2.6 – Испытания МРТК «Адомат» в 3-ем случае нагрузки. Вид сбоку.
Скорость 11 узлов

Анализ результатов проведенных испытаний показывает, что при одинаковом водоизмещении (1-ый и 3-ий случай нагрузки) но при различных начальных

дифферентах коэффициент остаточного сопротивления корпуса судна на расчетной скорости различается на 30%. Кроме того, прослеживается устойчивая взаимосвязь между ходовой (динамической) посадкой носовой оконечности и коэффициентом остаточного сопротивления корпуса судна.

В результате данного исследования, автор поставил перед собой следующий вопрос: *какой угол начального дифферента на корму является оптимальным с точки зрения минимизации коэффициента остаточного сопротивления?*

Для ответа на поставленный вопрос были проведены дополнительные испытания модели судна МРТК «Адомат». Программа испытаний включала в себя буксировочные испытания модели судна в диапазоне скоростей от 4 до 12 узлов натурального судна при одном значении водоизмещения и при различных начальных значениях дифферента на корму. Значения, фиксирующиеся в процессе испытаний: сопротивление воды движению модели судна, изменение посадки судна на миделе, изменение посадки судна в носу (в районе форштевня).

Исходные данные для проведения испытаний и дальнейшей обработки результатов представлены в таблице 3.2.3.

Таблица 3.2.3 - Исходные данные для проведения испытаний

Водоизмещение объемное модели, $V, \text{ м}^3$	0,447							
Угол дифферента, градусы	0	0,6	1,6	2,2	3,0	3,6	4,5	5,3
Длина модели по ватерлинии, $L_{wl}, \text{ м}$	2,655	2,659	2,663	2,663	2,66	2,656	2,649	2,64
Площадь смочен- ной поверхности модели, $\Omega, \text{ м}^2$	3,366	3,365	3,364	3,362	3,352	3,345	3,335	3,326
Абсцисса центра ве- личины, $X_c, \text{ м}$	0,034	0,016	-0,014	-0,032	-0,057	-0,076	-0,103	-0,128

В результате проведенных испытаний и обработки полученных данных были построены графики изменения остаточного сопротивления от числа Фруда при различных начальных углах дифферента судна, графики изменения ходового дифферента (просадка) судна от числа Фруда, а также график зависимости абсолютного дифферента от числа Фруда. Все перечисленные графики представлены на рисунках 3.2.7 - 3.2.9.

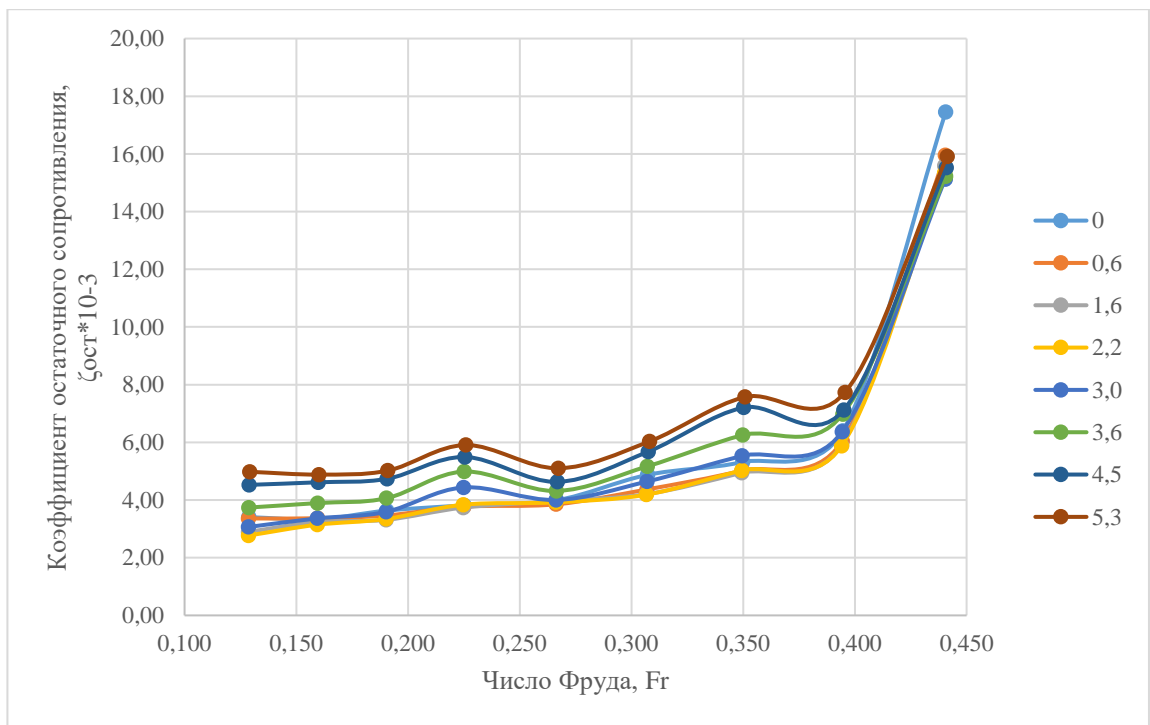


Рисунок 3.2.7 - Зависимость коэффициента остаточного сопротивления судна от числа Фруда при различных значениях начального дифферента

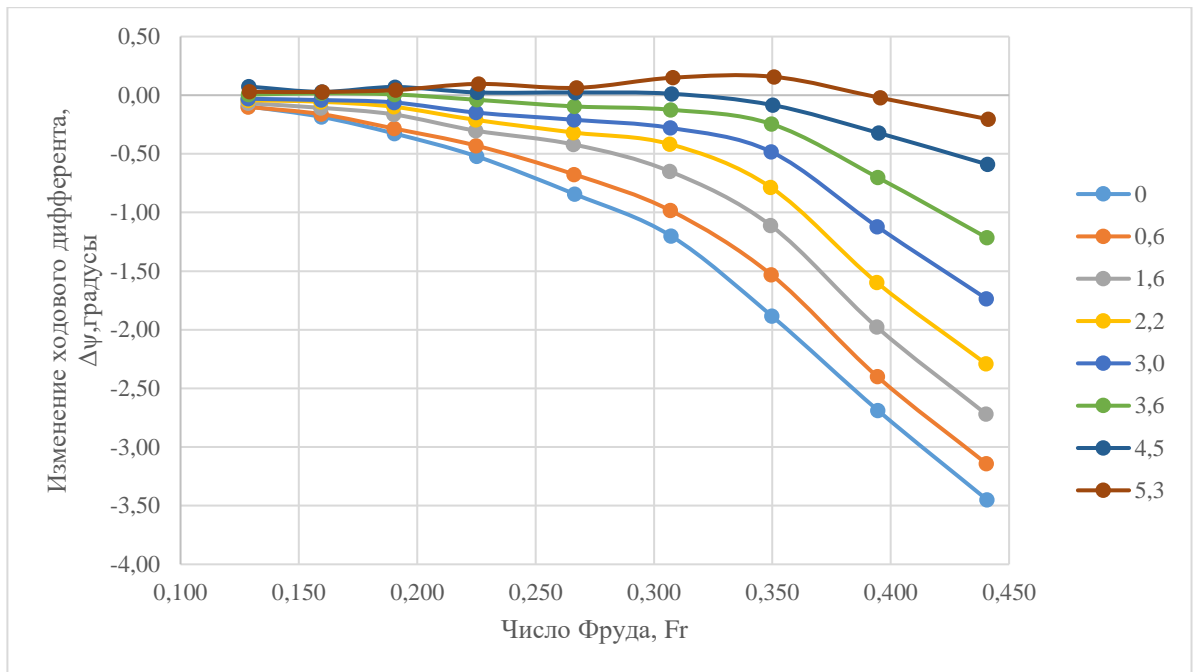


Рисунок 3.2.8 - Зависимость изменения ходового дифферента судна от числа Фруда при различных значениях начального дифферента

Примечание: на рисунке 3.2.8 отрицательные значения ходового дифферента показывают, что носовая часть судна имеет просадку больше, чем на миделе.

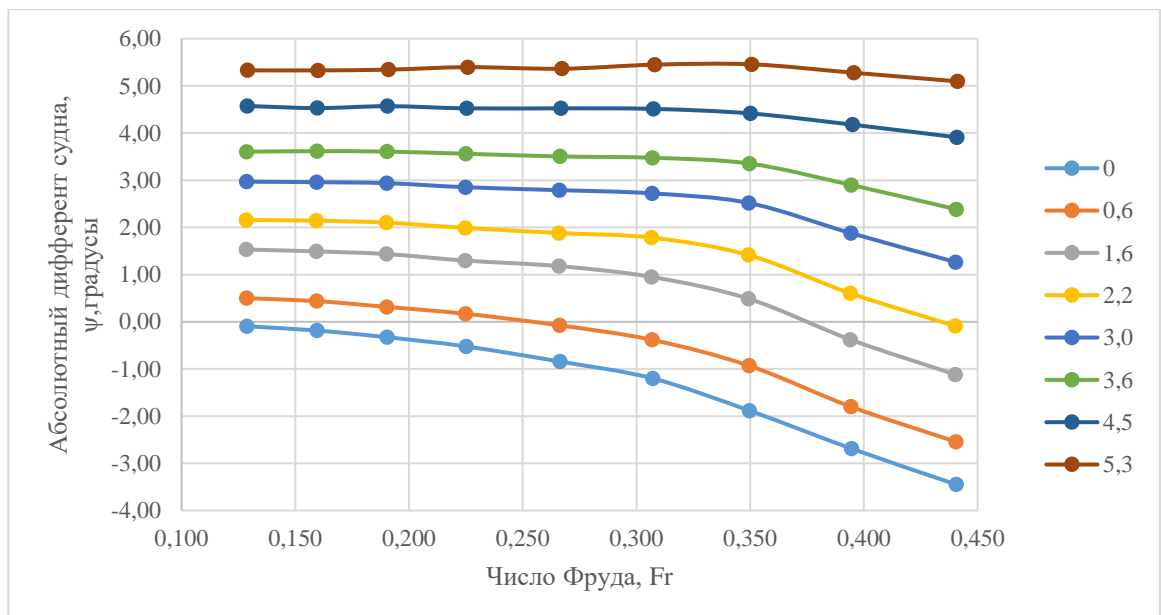


Рисунок 3.2.9 - Зависимость абсолютного дифферента судна от числа Фруда при различных значениях начального дифферента

Для возможности детального анализа, рисунок 3.2.7 отмасштабирован в диапазоне чисел Фруда 0,25 – 0,40. Данный диапазон включает в себя точки графиков, соответствующие скоростям 8 – 11 узлов натурального судна. Увеличенный график представлен на рисунке 3.2.10.

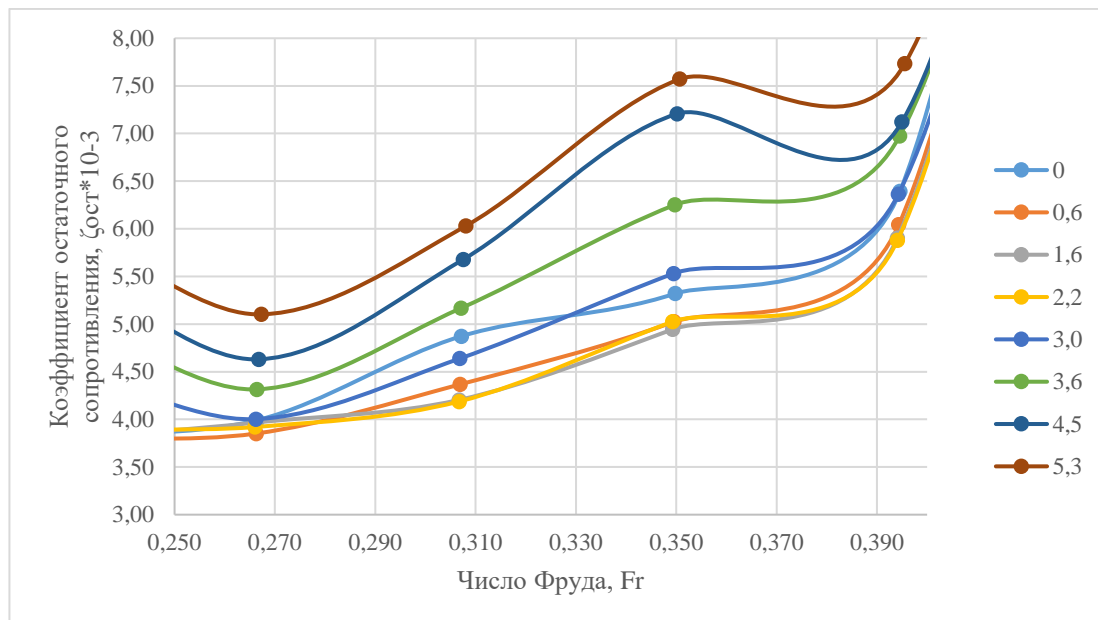


Рисунок 3.2.10 - Зависимость коэффициента остаточного сопротивления судна от числа Фруда при различных значениях начального дифферента (увеличенный)

Анализ информации (рисунок 3.2.10) показывает, что минимальный коэффициент остаточного сопротивления корпуса судна в диапазоне скоростей 8-11 узлов натурального судна будет при углах начального дифферента 1,6 и 2,2 градуса. При угле начального дифферента 0,6 градуса значение коэффициента остаточного сопротивления незначительно, но больше, чем, при 1,6 и 2,2 градуса. При большем отдалении от оптимальных углов начального дифферента, коэффициент остаточного сопротивления достаточно резко возрастает, например, при начальном дифференте в 3,0 градуса значение коэффициента остаточного сопротивления на 10% больше меньшего значения.

При сопоставлении результатов анализа графика зависимости коэффициента остаточного сопротивления (рисунок 3.2.10) с зависимостью абсолютного дифферента судна (рисунок 3.2.9), можно увидеть, что минимальные значения

коэффициента остаточного сопротивления на определенных скоростях соответствуют пересечению определенных кривых с осью абсцисс на рисунок 3.2.9.

Таким образом, можно сделать вывод, что коэффициент остаточного сопротивления корпуса судна будет минимальным при условии, что судно будет двигаться на расчетной скорости на ровный киль.

Оптимальный угол начального дифферента лежит в диапазоне 1,0 – 2,5 градуса на корму, в зависимости от расчетной скорости свободного хода.

Данные результаты могут быть применены ко всем малым промысловым судам, имеющим близкие коэффициенты полноты, однако на данном этапе невозможно однозначно увязать зависимость полноты судна с величиной ходовой просадки судна. Для установления такой зависимости необходимо провести комплексные испытания с разными моделями судов, имеющими различные коэффициенты полноты.

§3.3 Экспериментальные исследования на волнении

Малые рыболовные судна большую часть времени эксплуатируются в условиях волнения. Следовательно, на ранних этапах проектирования необходимо убедиться в обеспечении таких мореходных качеств судна, как отсутствие слеманга, отсутствие заливаемости участков палубы, обеспечение параметров продольной качки и т.д. Такие исследования особенно актуальны при проектировании судна для работы в условиях короткого крутого волнения Балтийского моря.

Экспериментальные исследования малых промысловых судов на волнении можно рассмотреть на примере МРТК «Марлин» пр. В-410 польской постройки, принадлежащем одной из рыбопромышленных организаций Калининградской области. Указанное судно – траулер, которое после переоборудования под загрузку улова наливом получило сильный дифферент на нос, в результате чего, в процессе эксплуатации, обнаружилась серьезная проблема заливаемости с носа на крутом коротком волнении Балтийского моря. Теоретический чертеж МРТК

"Марлин" пр. В-410 представлен на рисунке 3.3.1, а основные данные по судну представлены в таблице 3.3.1. Явление заливаемости судна с носа не позволяло полностью заполнять танки уловом, что, в свою очередь, негативно сказывалось на экономике судна.

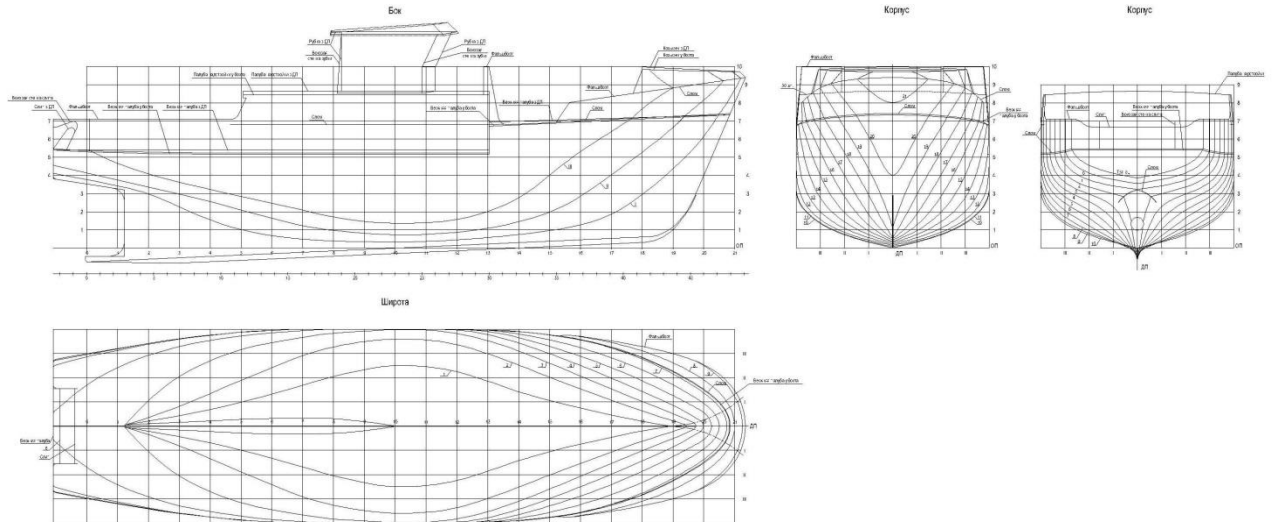


Рисунок 3.3.1 – Теоретический чертеж МРТК «Марлин» пр. В-410

Таблица 3.3.1 - Основные данные по судну МРТК «Марлин» пр. В-410

Тип судна, название	Малый рыболовный траулер кормового траления «Марлин»
Назначение	Лов и перевозка рыбы
Район плавания	Водные бассейны разряда «М-СП 3,5»
Длина габаритная	25,8 м
Длина по КВЛ	24,25 м
Ширина габаритная	7,20 м
Ширина по КВЛ	7,20 м
Высота борта	3,49 м
Высота надводного борта	0,316 м
Осадка по ГВЛ	3,18 м
Водоизмещение	264 т
Расчетная скорость свободного хода	10,5 узлов

С целью исправления ошибки при переоборудовании указанного судна под наливное, одна из проектных организаций Калининградской области разработала проект модернизации судна, который заключался в изменении носовой оконечности - установки носовой бульбовой наделки. Теоретический чертеж судна "Марлин" с бульбообразной носовой оконечностью представлен на рисунке 3.3.2.

Для предварительной оценки результата, из-за трудностей расчета заливаемости и ходкости судна с бульбом расчетными методами, в Лаборатории мореходных качеств судов Научно-исследовательского центра судостроения ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет" были проведены исследования на масштабных моделях судов в опытовом бассейне "без" и "с" носовым бульбом. В соответствии с Техническим заданием Заказчика, комплекс исследований включал в себя:

- буксировочные испытания модели судна на тихой воде для каждого случая нагрузки (сопротивление);

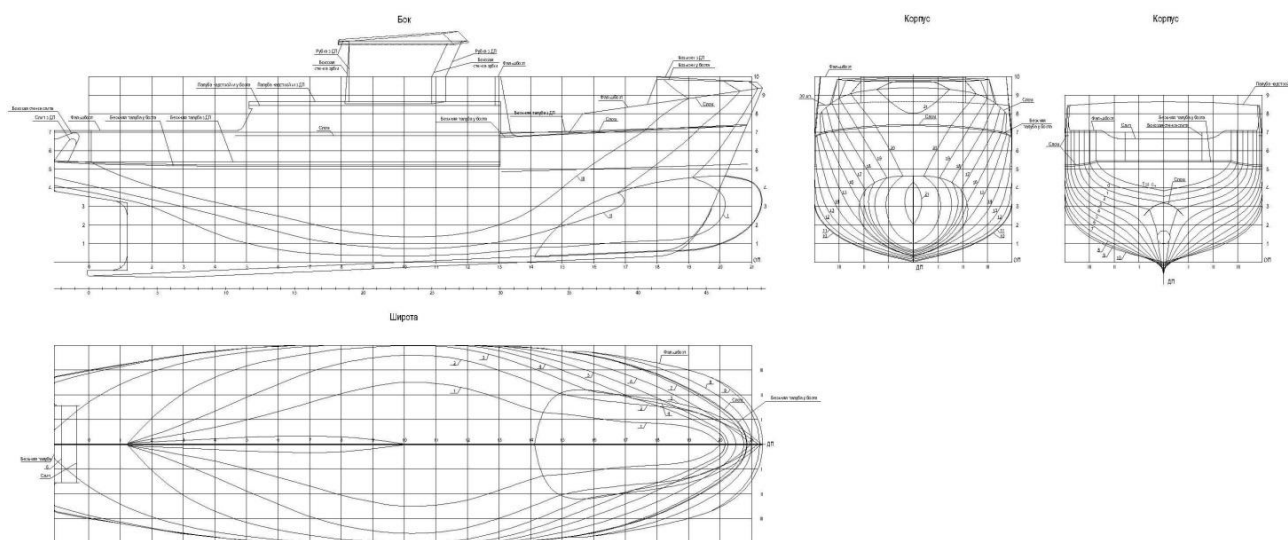


Рисунок 3.3.2 - Теоретический чертеж МРТК «Марлин» с бульбообразной носовой оконечностью

- испытания модели судна на встречном регулярном волнении с длиной волны $0,8L$; $1,0L$ и $1,2L$ при скорости судна 5 узлов (при проверке на заливаемость), где L – длина судна.

Здесь принята единая длина для всех вариантов – 24,4 м, как длина от транца до пересечения бульба с форштевнем. При обработке буксировочных испытаний – принималась длина по ватерлинии.

Испытания проводились для следующих случаев нагрузки, представленных в таблице 3.3.2.

Таблица 3.3.2 Случаи нагрузки судна

Характеристика	Обозначение	1	2	3
		Судно без бульба	Судно с бульбом	Судно с бульбом
Водоизмещение	D, т	260,7	256,9	282,1
Осадка носом	Tн, м	3,68	3,02	3,65
Осадка кормой	Tк, м	2,70	2,95	2,71
Площадь смоченной поверхности	Ω , м ²	206,5	220,6	237,3

Примечания к таблице 3.3.2: второй случай состояния судна получен путем установки конструкции носового бульба, снятия части твердого балласта, при этом грузоподъемность судна остается на уровне первого (исходного) случая.

Третий случай состояния получен путем установки конструкции носового бульба, снятия части твердого балласта, при этом грузоподъемность судна увеличена, по сравнению с первыми двумя случаями.

Для проведения испытаний на заливаемость, была смоделирована поверхность палубы, согласно плану расположения комингсов люков, на верхней палубе и бортовое ограждение (рисунок 3.3.3).

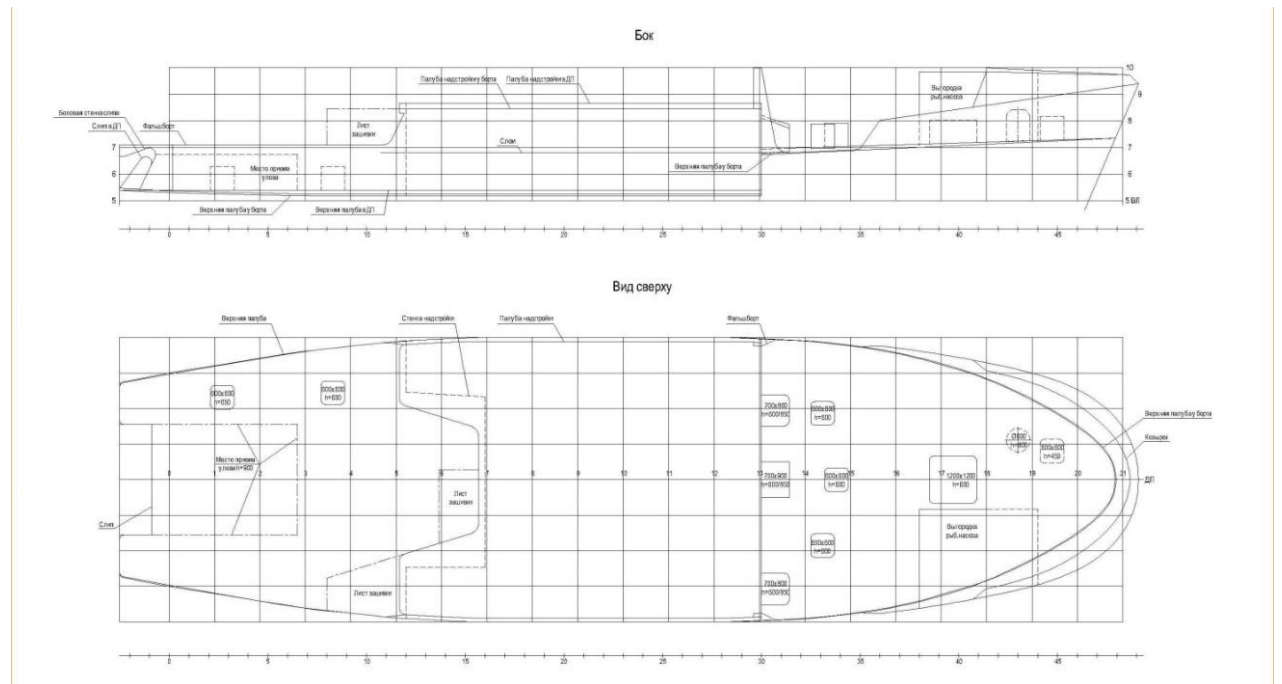


Рисунок 3.3.3 План расположения оборудования на палубе

В результате проведенных экспериментов и обработки данных были построены графики зависимости буксировочного сопротивления R от скорости судна V_s (рисунок 3.3.4) и график зависимости коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда (рисунок 3.3.5).

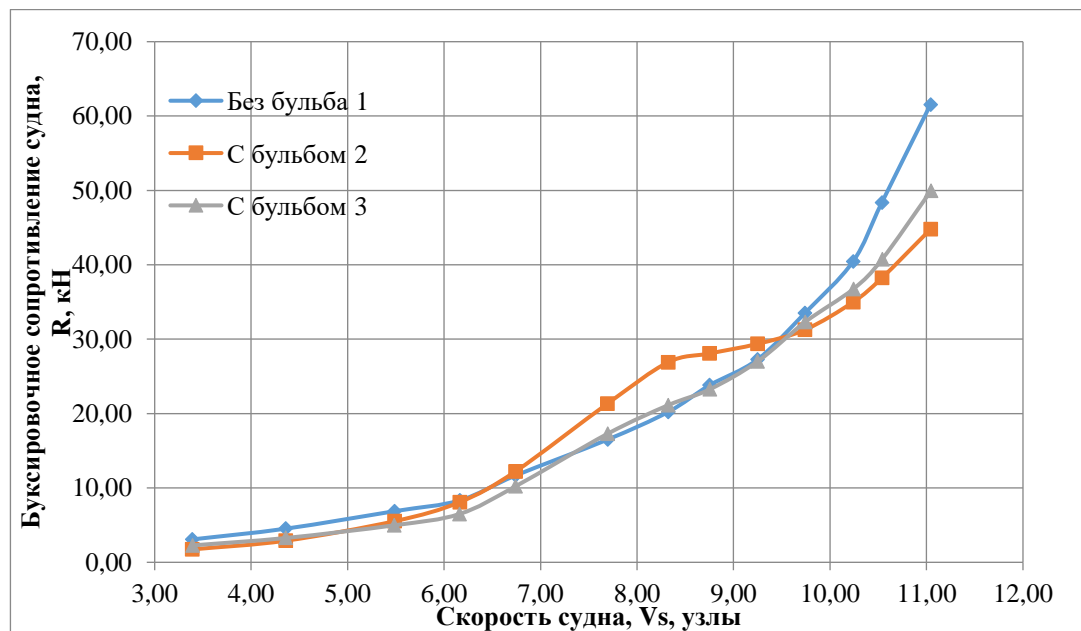


Рисунок 3.3.4 - График зависимости буксировочного сопротивления R от скорости судна V_s

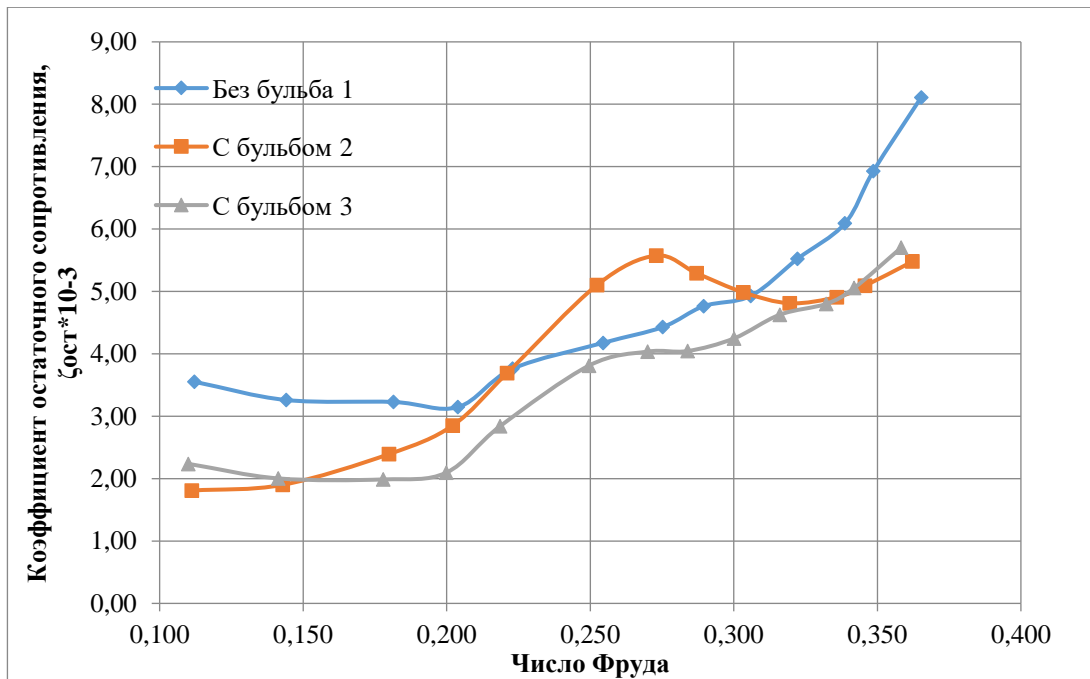


Рисунок 3.3.5 - График зависимости коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда.

По результатам сравнительных модельных испытаний установлено, что буксировочное сопротивление на модели судна с бульбом на полной скорости (10,5 узлов, Fr 0,35) на 15–20% меньше (в зависимости от состояния загрузки), в отличие от модели судна без бульба. Однако, при одинаковой массе груза, на модели с бульбом на скорости около 8,5 узлов ($Fr=0,27$) наблюдалось увеличение буксировочного сопротивления в районе 30% от исходной модели. Такие показания объясняются негативным обтеканием носовой оконечности судна при данной посадке судна.

Представленный пример подтверждает, что бульб может быть оптимальным только на одной определенной скорости и требует проработки своей формы под работу в конкретных условиях.

По результатам проведения и обработки испытаний на волнении на заливаемость созданы сводная таблицы 3.3.3 – 3.3.5:

Таблица 3.3.3 – Результаты испытаний при длине волны 0,8L

Длина волны		0,8 L		
Случай состояния судна		1	2	3
Эксперимент 1	Средняя высота волны	0,138 м	0,140 м	0,137 м
	Заливаемость	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Эксперимент 2	Средняя высота волны	0,137 м	0,132 м	0,134 м
	Заливаемость	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует

Таблица 3.3.4 – Результаты испытаний при длине волны 1,0L

Длина волны		1,0L		
Случай состояния судна		1	2	3
Эксперимент 1	Средняя высота волны	0,177 м	0,186 м	0,188 м
	Заливаемость	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Эксперимент 2	Средняя высота волны	0,164 м	0,188 м	0,190 м
	Заливаемость	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует

Таблица 3.3.5 – Результаты испытаний при длине волны 1,2L

Длина волны		1,2L		
Случай состояния судна		1	2	3
Эксперимент 1	Средняя высота волны	0,222 м	0,224 м	0,229 м
	Заливаемость	28мм/54мм	10мм/26мм	25мм/56мм
	Средняя/пиковая			
Эксперимент 2	Средняя высота волны	0,220 м	0,216 м	0,222 м
	Заливаемость	36мм/71мм	9мм/22мм	15мм/52мм
	Средняя/пиковая			

В результате анализа полученных данных испытаний на волнении можно сделать следующий вывод в отношении заливаемости носовой части судна: в

опытах интенсивность заливания определялась по толщине слоя воды, принимаемой моделью на перекрытие козырька в процессе продольной качки на встречном волнении. Замеры показали, что все варианты подвержены заливаемости в той или иной степени. Однако, интенсивность заливания вариантов с бульбом все же меньше, чем без бульба. Из сравнения замеров уровня воды при различных вариантах можно заключить, что на данном судне решающую роль играет высота надводного борта в носу. Ее увеличение хотя бы на метр сыграло бы существенную роль в уменьшении заливаемости.

Увеличение надводного борта может быть сделано не только за счет высоты козырька, но и за счет установки на перекрытии козырька волнолома по всей ширине судна в этом месте.

§3.4 Экспериментальные исследования судна аванпроекта

Для использования результатов разработанного аванпроекта на последующих этапах проектирования, необходимо разработать уравнения проектирования. Уравнение мощности является одним из основных и важных уравнений в данной системе уравнений проектирования. Составление уравнения мощности основывается на рекомендациях [14]. Для составления данного уравнения необходимо получить зависимость изменения сопротивления движению судна от скорости хода, и, соответственно, изменение мощности СЭУ от скорости хода. Поскольку форма корпуса у рассматриваемого типа судна является специфической – с большой полнотой, то корректное составление данного уравнения с использованием приближенных методик является невозможным.

Для решения этой задачи в лаборатории мореходных качеств судов Научно-исследовательского центра судостроения были подготовлены и проведены модельные испытания корпуса судна, полученного в результате разработки аванпроекта. Теоретический чертеж судна представлен на рисунке 2.6.1, а сама модель представлена на рисунке 3.4.1.

Испытания проводились для случая нагрузки «Возвращение с промысла: 100% улова, 10% запасов». Указанный случай соответствует максимальному значению водоизмещения судна. Испытания проводились на свободной воде в диапазоне скоростей, соответствующим скоростям натурального судна 4 – 12 узлов ($Fr=0,12 - 0,41$).

В результате проведения испытаний, были получены зависимости коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда (рисунок 3.4.2).



Рисунок 3.4.1 – Модель судна – результат аванпроекта

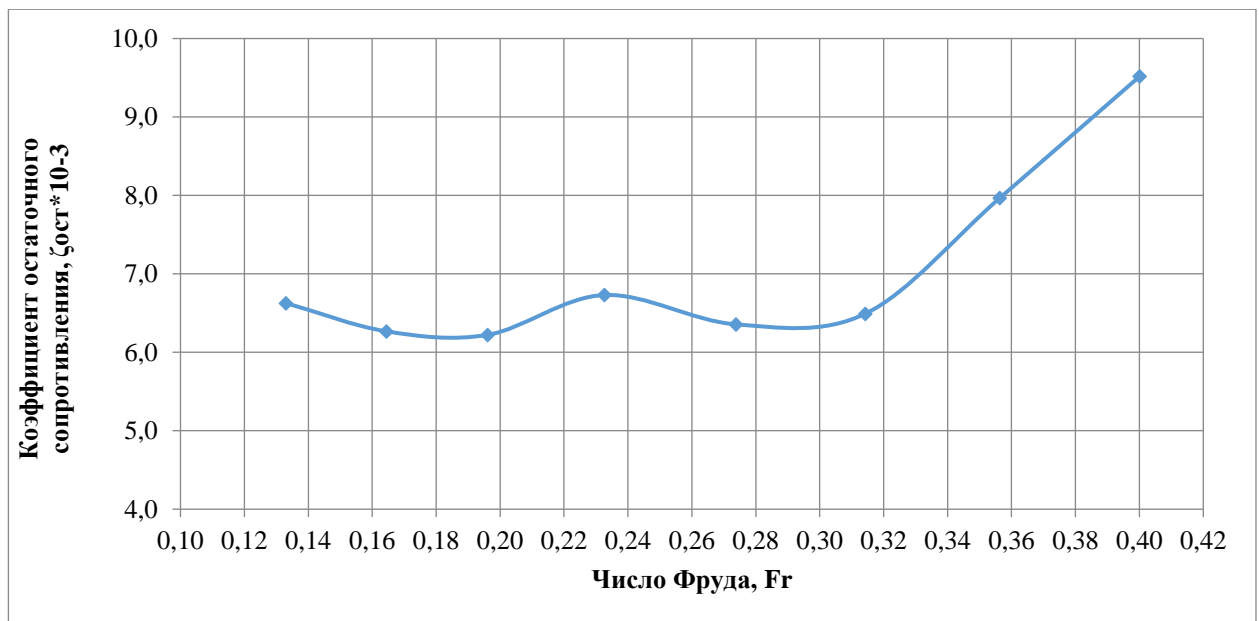


Рисунок 3.4.2 – График зависимости коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда.

Учет сопротивления трения происходил расчетным путем через коэффициент сопротивления эквивалентной пластины по формуле Прандтля – Шлихтинга. При этом, площадь смоченной поверхности судна рассчитывалась по формуле:

$$\Omega s = kt * \sqrt{L^2 * B * T * \delta}, \text{ м}^2, \quad (3.4.1)$$

где kt – уточняющий коэффициент, полученный по значению судна-прототипа (аванпроект). Также учитывалась поправка на шероховатость.

Полный вид уравнения мощности представлен в приложении И к настоящему диссертационному исследованию.

Таким образом, уравнение мощности можно представить, как:

$$N_{гд} = prop_{kof} \sqrt{L^2 * B * T * \delta} * \left(\frac{0.455}{\log(v_1 * \frac{L}{v})^{2.58}} + C\Delta + \xi(Fr) \right), \text{ кВт} \quad (3.4.2)$$

где $C\Delta$ - коэффициент шероховатости;

$\xi(Fr)$ – уравнение зависимости коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда (см. рисунок 3.4.2);

$prop_{kof}$ – вспомогательный коэффициент, расчет которого представлен в приложении И.

§3.5 Модернизация лабораторной базы

Одним из основных мореходных качеств судна является остойчивость. Обеспечение остойчивости особенно актуально для малых промысловых судов.

Критерием обеспечения остойчивости является выполнение критерия погоды, в соответствии с Правилами Российского Морского Регистра Судоходства. Однако, расчетная схема, приведенная в РМРС, не может полностью отражать взаимодействие корпуса судна на волнении с одновременным воздействием швального ветра, особенно на судах типа МРТК с высоким надводным бортом и развитой надстройкой.

Для решения данной проблемы сотрудниками Научно-исследовательского центра судостроения ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» была разработана установка аэродинамической трубы, предназначенная для установки в помещении опытового бассейна для моделирования расчетной схемы критерия погоды, в соответствии с требованиями Правил РМРС. Патент на полезную модель представлен в приложении Ж.

Описание патента представлено ниже:

Полезная модель относится к устройствам для проведения экспериментов по оценке остойчивости судов по их моделям в опытовом бассейне. Аэродинамическая труба содержит конфузор, вентилятор, форкамеру с хонейкомбом и сеткой, сопло. Сетка выполнена с переменным по площади сопротивлением и установлена перед хонейкомбом с возможностью ее замены для изменения профиля поля скоростей. Труба дополнительно снабжена расположенным на входе в конфузор дросселем, выполненным с возможностью мгновенного изменения своего сопротивления, и жалюзи, расположенными на выходе из сопла и выполненными в виде набора горизонтальных лопаток, установленных с индивидуальным уклоном от горизонтали с возможностью мгновенного поворота. Стенки-ограничители, выполненные складывающимися, направляют воздушный поток в рабочую зону. Технический результат заключается в обеспечении скачкообразного изменения скорости ветра при необходимом профиле скоростей.

Выводы по главе 3

В результате проведенных физических модельных исследований мореходных качеств малых промысловых судов можно сделать следующие выводы:

1. для улучшения мореходных качеств судна на тихой воде (ходкость) перспективный малый рыболовный траулер должен обладать строительным дифферентом на корму. Угол строительного дифферента должен быть определен из условия посадки судна на ровный киль при движении на максимальной (расчётной) скорости;

2. корпус судна должен быть оборудован носовым бульбом, предназначенным для создания дополнительных объемов в носовой части с целью облегчения процесса удифферентовки. Форма и размеры носового бульба в обязательном порядке должны быть отработаны в опытовом бассейне на всех ходовых режимах;

3. для улучшения мореходных качеств судна на волнении следует обратить внимание на величину надводного борта в носовой части судна. Данный параметр корпуса в значительной мере отвечает за явление заливаемости палубы судна. Наличие носового бульба также позволит улучшить мореходность судна и демпфировать продольную качку.

4. Создание и использование в опытовом бассейне предложенной экспериментальной установки «Аэродинамическая труба» позволит проводить модельные испытания судов на остойчивость по схеме Регистра с минимальной погрешностью получения результатов.

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТА МРТ ДЛЯ БАЛТИКИ

Анализ информации, приведенной в третьей главе настоящей работы, однозначно говорит о необходимости корректировки проекта на последующих этапах проектирования. Корректировке подлежит такая характеристика судна, как объем рыбного трюма. Изменение объема рыбного трюма повлечет за собой изменение формы корпуса, а, следовательно, и все остальные характеристики судна. Для того, чтобы определить необходимое значение объема рыбного трюма необходимо выполнить технико-экономический расчет судна в разных вариантах объема рыбного трюма.

Вопросу оптимизационного проектирования судов посвящено достаточное количество работ в разное время [4, 5, 13, 17, 19, 25, 92-106]. В указанных работах приведены различные подходы к оптимизационному проектированию и выбору критериев эффективности работы судна.

В качестве критериев оценки, в современных условиях, могут быть только экономические критерии эффективности судна.

§4.1 Анализ исходных данных для определения главных размерений

4.1.1 Исходные данные

Для выполнения ТЭО главных размерений судна используются результаты аванпроекта для составления системы уравнений проектирования судна.

Уравнения весов, вместимости (объемов) и остойчивости были разработаны по результатам выполнения концептуального проекта судна и представлены в §2.7 настоящей работы. Уравнение мощности разработано на основании экспериментальных исследований модели судна, полученного в результате концептуального проекта, в опытовом бассейне и представлено в §3.4 настоящей работы.

Вышеописанные и другие уравнения проектирования, а также результаты аванпроекта, используются в составлении и описании жизненного цикла судна, необходимого при оценке экономической эффективности судов, получающейся в процессе технико-экономического расчета.

В процессе составления и решения системы уравнений в качестве варьируемых характеристик выступают объем рыбного трюма и скорость свободного хода в следующих диапазонах:

- скорость свободного хода судна – от 7 до 11 узлов;
- объем грузового трюма – от 80 до 150 м³.

Все остальные характеристики судна будут находиться путем решения системы уравнений проектирования.

Максимальная скорость ограничена 11 узлами на основании результатов модельных испытаний, показывающих резкое возрастание буксировочного сопротивления на больших скоростях, а объемы трюма ограничены необходимостью доставки качественной рыбной продукции на берег.

Следует отметить, что промысловая схема, промысловое оборудование, судовая электростанция на судах изменяться не будут и их технические характеристики будут приняты с аванпроекта.

Принцип выполнения и схема ведения исследований представлена на рисунке 4.1.1.

4.1.2 Константы и нормативы

При составлении и решении поставленной задачи принимаются следующие константы и нормативы:

$g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

$\rho=1,025 \text{ т/м}^3$ – плотность морской воды;

$\nu=1,006 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кинематическая вязкость морской воды;

$\rho_f=0,85 \text{ т/м}^3$ – плотность дизельного топлива;

$m_{\text{ЭК}} = 100 \text{ кг}$ – масса одного члена экипажа с багажом;

$m_{\text{пров}} = 3,8 \text{ кг}$ – масса провизии на одного человека в сутки на борту судна

[77];

Схема математической модели судна

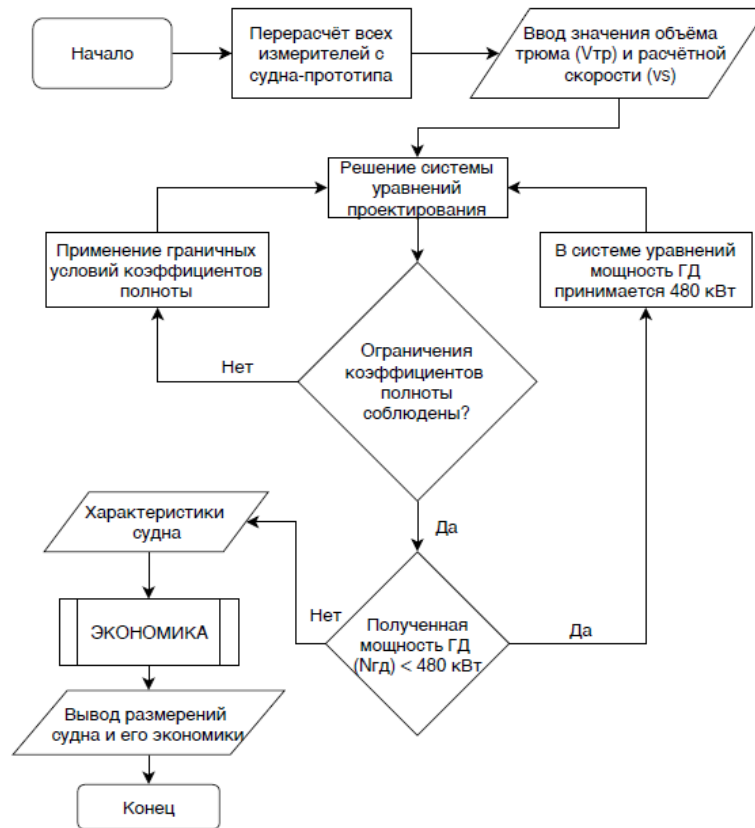


Рисунок 4.1.1 Блок-схема проведения технико-экономического расчета по определению главных размерений судна

$r_{прв} = 100$ кг – количество пресной питьевой воды на одного человека в сутки на борту судна [9];

$g_{eНвдг1} = 207$ г/кВт/ч – удельный расход топлива ВДГ 1;

$g_{eНвдг2} = 200$ г/кВт/ч – удельный расход топлива ВДГ 2;

$g_{eНгд} = 200$ г/кВт/ч – удельный расход топлива главного двигателя.

4.1.3 Исходные данные, использованные для составления уравнений проектирования

Для составления уравнений проектирования используются данные судна – прототипа, полученного в результате проработки аванпроекта, а именно:

Таблица 4.1.1 - Исходные данные для разработки математической модели

Наименование	Обозначение	Величина
Длина судна между перпендикулярами	L ₀ , м	23,5
Длина судна габаритная	L _{max0} , м	26,6
Ширина судна	B ₀ , м	8,00
Высота борта	H ₀ , м	5,40
Осадка судна в полном грузу на миделе	T ₀ , м	3,41
Коэффициент общей полноты	δ ₀	0,617
Коэффициент полноты ватерлинии	α ₀	0,872
Коэффициент полноты мидель-шпангоута	β ₀	0,839
Мощность главного двигателя	N _{гд0} , кВт	480
Мощность 1 ВДГ	N _{вдг1} , кВт	200
Мощность 2 ВДГ	N _{вдг2} , кВт	60
Автономность	A ₀ , сутки	10
Удаленность района промысла от порта	R, миль	90
Численность экипажа	n _{эк0} , чел.	10
Апplikата центра тяжести судна	z _{г0} , м	3,34
Поперечная метацентрическая высота	h ₀ , м	0,747
Площадь смоченной поверхности	S ₀ , м ²	169,1
Шпация	af, м	0,50

§4.2 Уравнения проектирования

Для решения поставленной задачи необходимо составить систему уравнений, включающую в себя следующие уравнения:

4.2.1 Уравнение плавучести

Уравнение плавучести представлено в классическом виде:

$$D = \rho * L * B * T * \delta, \text{ тонн} \quad (4.2.1)$$

4.2.2 Уравнение весов

Уравнение весов составляется на основании результатов концептуального проекта. Составление уравнения представлено в §2.7 и в виде функциональной зависимости можно представить следующим образом:

$$D = f(L, B, T, H, \delta, N_{ГД}, V_{тр}, V_s, A) \quad (4.2.2)$$

4.2.3 Уравнение вместимости (уравнение объемов)

Уравнение вместимости составляется на основании результатов концептуального проекта. Составление уравнения представлено в §2.7 и в виде функциональной зависимости можно представить следующим образом:

$$V = f(D, L, B, T, H, \delta, \beta, N_{ГД}, V_{тр}, V_s, A) \quad (4.2.3)$$

4.2.4 Уравнение коэффициента полноты ватерлинии

Уравнение коэффициента полноты ватерлинии составлена в соответствии с рекомендациями [14], в зависимости от коэффициента продольной полноты.

Уравнение имеет вид:

$$\alpha = c_{02} * \left(\frac{\delta}{\beta}\right)^{2/3}, \quad (4.2.4)$$

где:

$$c_{02} = \alpha_0 * \varphi_0^{2/3} \quad (4.2.5)$$

коэффициент пересчета с судна-прототипа. Согласно рекомендациям, данный коэффициент должен находиться в интервале 0,91–1,06.

4.2.5 Уравнение остойчивости

Уравнение остойчивости составляется на основании результатов концептуального проекта. Составление уравнения представлено в §2.7 и в виде функциональной зависимости можно представить следующим образом:

$$\frac{B}{T} = f(\alpha, \delta, H, T, B, \varphi) \quad (4.2.6)$$

4.2.6 Уравнение мощности

Уравнение мощности составляется на основании результатов модельных испытаний корпуса судна, полученного в результате разработки концептуального проекта (см. §3.4 настоящей работы). В виде функциональной зависимости можно представить следующим образом:

$$N_{гд} = f(L, B, T, \delta, V_s) \quad (4.2.7)$$

Полный вид уравнений представлен в Приложении И.

При этом необходимо обратить внимание, что в случае использования данного уравнения принимаются следующие допущения:

- закон изменения коэффициента остаточного сопротивления для всех судов в рамках настоящего технико-экономического расчета происходит как у судна-прототипа;
- коэффициент сопротивления трения рассчитывается по формуле Прандтля- Шлихтинга в зависимости от расчетной площади смоченной поверхности;
- поправка на шероховатость принимается равной $0,2 * 10^{-3}$;
- на заданной скорости двигатель должен работать на 85% от номинальной мощности;
- в расчете принят коэффициент $k = 1,3$, учитывающий влияние реальных эксплуатационных условий на работу судна;
- при расчетах пропульсивный коэффициент принят как у судна-прототипа;

Отдельно необходимо отметить следующее: рабочий режим судна – траление, но, поскольку, необходимая мощность на свободном ходу сопоставима с мощностью, необходимой для траления то принимается следующий алгоритм: если расчетная мощность главного двигателя для движения судна на свободном

ходу с заданной скоростью менее 480 кВт (значение мощности ГД судна по результатам аванпроекта для обеспечения возможности буксировать трал с расчетной скоростью), то мощность ГД принимается равной 480 кВт. В случае, когда расчетная мощность судна для движения на свободном ходу более 480 кВт – принимается расчетная мощность. Данное допущение необходимо не только для корректного решения системы уравнений проектирования, но и для корректного экономического расчета.

4.2.7 Относительное удлинение

Уравнение относительного удлинения составлено на основании рекомендаций [14] на зависимости относительного удлинения судна от скорости хода.

Данная зависимость получена с учетом судна-прототипа и описывается уравнением:

$$l = c_7 * \left(\frac{v_s}{v_s+2} \right)^2, \quad (4.2.8)$$

где l – относительное удлинение судна, описываемое формулой:

$$l = \frac{L}{\sqrt[3]{V}} \quad (4.2.9)$$

c_7 - коэффициент, рассчитанный по судну-прототипу.

4.2.8 Дополнительные уравнения

В качестве дополнительных уравнений используются:

- уравнение коэффициента полноты мидель-шпангоута:

$$\beta = \frac{\delta}{\varphi} \quad (4.2.10)$$

– уравнение коэффициента продольной полноты, согласно рекомендациям [14]:

$$\varphi = \frac{0,653}{\left(\frac{0,514 * V_s}{\sqrt{g * L}}\right)^{0,059}} + 0,035 \quad (4.2.11)$$

Таким образом, разработана система уравнений проектирования (для удобства – часть уравнений изображены в виде функциональных зависимостей)

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{ГД} = f(L, B, T, \delta, V_s) \\ L = l * V^{\frac{1}{3}} \\ V = L * B * T * \delta \\ D = \rho * V \\ \frac{B}{T} = f(\alpha, \delta, H, T, B, \varphi) \\ D = \rho * L * B * T * \delta \\ D = f(L, B, H, \delta, N_{ГД}, V_{тр}, V_s, A, V_{тр}, V_s, N_{ГД}) \\ V = f(D, L, B, T, H, \delta, \beta, N_{ГД}, V_{тр}, V_s, A, V_{тр}, V_s, N_{ГД}) \\ \beta = \frac{\delta}{\varphi} \\ \alpha = f(\delta, \beta) \end{array} \right. \quad (4.2.12)$$

Стоит отметить, что система уравнений составлена таким образом, чтобы получать решение при варьировании следующих исходных данных:

- $V_{тр}, м^3$ - объем грузового трюма;
- $V_s, узлы$ – скорость свободного хода судна.

Варьирование сочетаний исходных данных позволит получить основные технические характеристики различных судов, а учет эксплуатационных факторов работы в конкретном районе промысла позволит произвести сравнение их эффективности с точки зрения экономических критериев.

В результате решения системы уравнений получаем следующие основные характеристики судна:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_s, \text{ узлы, скорость свободного хода судна;} \\ V_{\text{тр}}, \text{ м}^3 - \text{объем грузового трюма;} \\ D, \text{ т} - \text{массовое водоизмещение судна;} \\ L, \text{ м} - \text{длина судна;} \\ B, \text{ м} - \text{ширина судна;} \\ H, \text{ м} - \text{высота борта судна;} \\ T, \text{ м} - \text{осадка судна на миделе;} \\ \delta - \text{коэф. общей полноты судна;} \\ \beta - \text{коэф. полноты мидель - шпангоута;} \\ \alpha - \text{коэф. полноты ватерлинии;} \\ A, \text{ сут} - \text{автономность судна;} \\ N_{\text{гд}}, \text{ кВт} - \text{мощность главного двигателя} \end{array} \right.$$

Полный вид системы уравнений проектирования представлен в приложении И к настоящему диссертационному исследованию.

§4.3 Технико-экономический расчет

Составление и решение системы уравнений проектирования позволяет получить множество вариантов судов и их основных характеристик, удовлетворяющих требованиям технического задания. Однако, необходимо определить такое сочетание основных характеристик судна, которое позволит судну выполнять поставленные задачи лучше остальных. В современных условиях, критерием оценки работы любого судна может быть только его экономическая эффективность. Для возможности расчета экономической эффективности судов необходимо:

- определить эксплуатационные факторы, влияющие на работу судна;
- определиться с экономическими критериями оценки работы судна;
- произвести технико-экономический расчет;
- произвести анализ результатов и определить лучшее сочетание основных характеристик.

Структурная блок-схема проведения технико-экономического расчета представлена на рисунке 4.3.1.

4.3.1 Факторы, входящие в жизненный цикл судна

Жизненный цикл судна включает в себя следующие этапы: проектирование и постройка судна; эксплуатация судна; утилизация судна.

Расчет стоимости проектирования и строительной стоимости судна производится согласно методике, приведенной в [107]. Исходными данными для расчета являются результаты расчета системы уравнений судна, значения масс статей нагрузки судна, рассчитанные через измерители, приведенные в п. 4.2.2, а также актуальные цены на материалы и оборудование, необходимое для постройки судна.

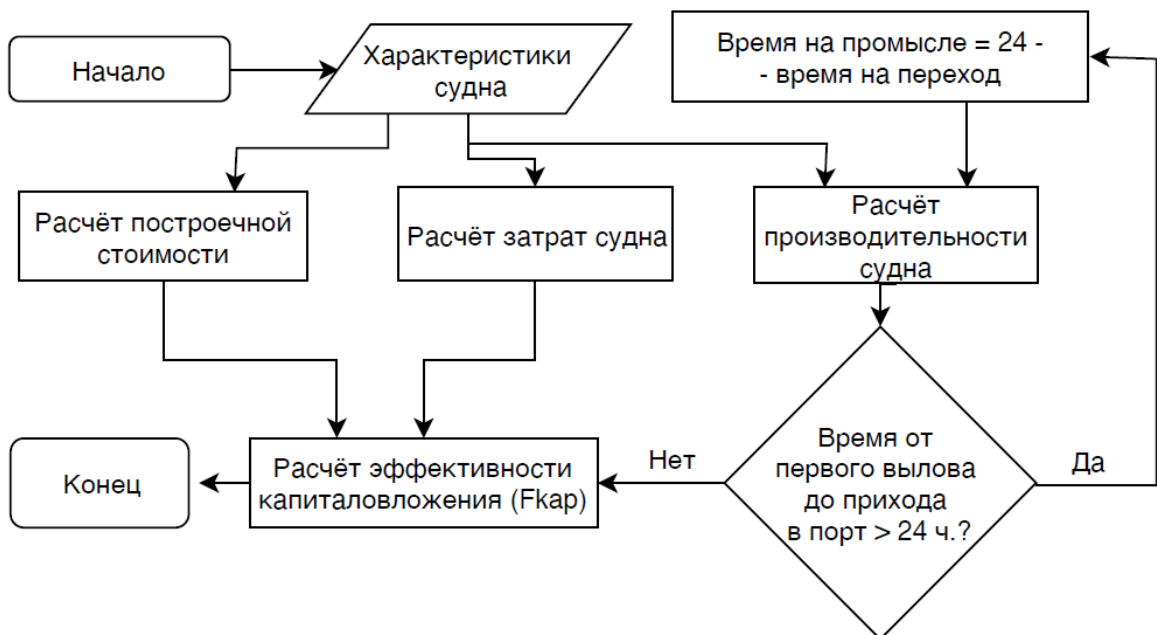


Рисунок 4.3.1 - Структурная блок-схема проведения технико-экономического расчета

В функциональной зависимости, трудоемкость проектирования судна можно записать в виде:

$$T_{\text{пр}} = f(D), \text{ нормо-часы,} \quad (4.3.1)$$

а стоимость работ по проектированию –

$$C_{\text{пр}} = f(T_{\text{пр}}), \text{ млн. рублей.} \quad (4.3.2)$$

Строительная стоимость рассчитывается через трудоемкость выполнения определенных работ и стоимости материалов и оборудования для постройки. Подробный расчет стоимости проектных работ и строительной стоимости головного и серийного судов приведен в приложении И к настоящему диссертационному исследованию.

Эксплуатационные расходы судна включают в себя следующие затраты (условно независимые от основных характеристик судов):

- затраты на техническое обслуживание судов;
- затраты на промежуточное освидетельствование подводной части судна;
- затраты на ремонт, освидетельствование и подтверждение класса Регистра судна;
- затраты на периодическую замену элементов промыслового комплекса (трал, ваера, кабеля, траловые доски);
- затраты на заработную плату экипажу;
- накладные расходы;
- затраты на отчисления на социальные нужды.

В отличие от остальных видов затрат, затраты на топливо непосредственно связаны с основными характеристиками судна.

При расчете затрат в технико-экономическом расчете приняты следующие допущения:

- затраты на техническое обслуживание судна – 1,0 млн. рублей. Периодичность данного вида затрат – ежегодно;
- затраты на промежуточное освидетельствование подводной части судна – 1,0 млн. рублей. Периодичность данного вида затрат – каждые 3 года;
- затраты на ремонт и освидетельствование судна с подтверждением класса Регистра – 7,0 млн. рублей. Периодичность данного вида затрат – каждые 5 лет.

Расчет всех затрат представлен в приложении И к настоящему диссертационному исследованию.

Для выполнения технико-экономического расчета необходимо учитывать и экономическую прибыль от лова рыбы. Для этого были приняты следующие допущения:

– распределение улова за год по сортам рыбы соответствует рисунку 4.3.2. Такое распределение основано на данных о выделяемых квотах и информации, полученной от одного из рыболовецких колхозов Калининградской области;

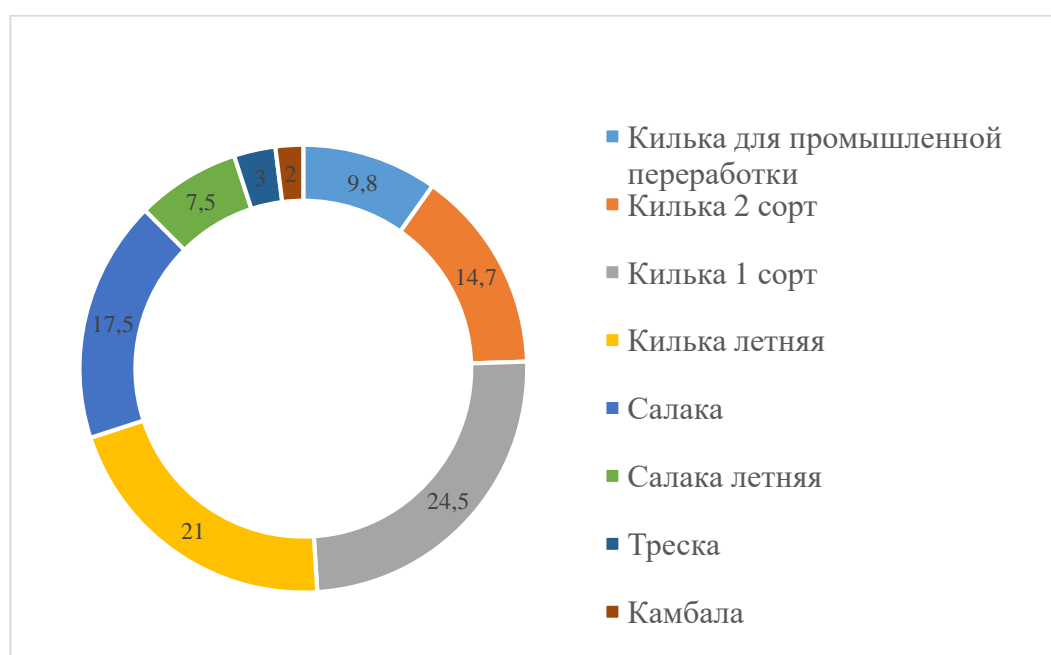


Рисунок 4.3.2 - Распределение улова по сортам рыб на год в процентах

- время нахождения судна на промысле ограничено из условия, что с момента начала промысла до момента возвращения судна в порт должно пройти не более 24 часов. Это условие обеспечивает сохранение пойманной рыбы без потери качества;
- расстояние от порта до района промысла фиксировано и составляет 90 миль. Данное значение соответствует наибольшему ударению районов промысла (26 подрайона Балтийского моря) от порта Балтийск;

- выловы судна рассчитываются из условия 2,5 тонны рыбы за час нахождения судна на промысле. Данное значение получено на основании обработки информации о среднесуточных выловах существующих судов, работающих в 26 подрайоне Балтийского моря;
- пойманная рыба облагается экологическим сбором в следующих значениях: вылов кильки или салаки – 20 рублей за тонну; вылов камбалы – 50 рублей за тонну; вылов трески – 2500 рублей за тонну.

Кроме дохода от добычи рыбы, необходимо учитывать выручку от сдачи судна на металлолом в конце срока его эксплуатации. В настоящем расчете принят объем выручки от сдачи судна в лом – 10 рублей за килограмм статьи нагрузки «корпус металлический».

При составлении и решении системы уравнений проектирования, а также при проведении технико-экономического расчета также была использована информация из источников [108-114].

В качестве сравнительных критериев, согласно рекомендации [107], определены следующие экономические критерии эффективности судна:

- NPV – Чистый дисконтированный доход – объем финансов, которые получит судовладелец за весь период жизненного цикла судна;
- DCF – Дисконтированный денежный поток – приведенный денежный поток за весь жизненный цикл судна к настоящему времени;
- $F_{кар}$ – Эффективность капиталовложений – отношение капитальных вложений на постройку судна к получаемой прибыли от работы судна.

Технико-экономический расчет жизненного цикла судна, включающий в себя расчет всех затрат, доходов, критериев экономической эффективности и конечные результаты, представлены в Приложении И к настоящему диссертационному исследованию.

§4.4 Результаты технико-экономического расчета

Как уже отмечено выше, расчет проводился при следующих варьируемых характеристиках:

- скорость свободного хода судна – 7 – 11 узлов;
- объем грузового трюма – 80 – 150 м³.

В результате были получены сочетания основных характеристики судов для каждого значения объема трюма и скорости свободного хода. Основные характеристики судов приведены в таблице 4.4.1

Таблица 4.4.1 - Результаты технико-экономического расчета

Наименование	Обоз.	Ед.изм.	100					110					
			7	8	9	10	11	7	8	9	10	11	
Объем трюма	Vtr	м ³											
Скорость судна	vs	узлы											
Длина	L	м	18,24	19,51	20,6	21,65	22,8	18,64	19,93	21,04	22,2	23,28	
Ширина	B	м	7,71	7,59	7,52	7,49	7,57	7,85	7,71	7,63	7,8	7,68	
Высота борта	H	м	5,34	5,26	5,18	5,18	5,23	5,38	5,34	5,27	4,88	5,31	
Осадка	T	м	3,09	3,06	3,01	3,02	3,04	3,13	3,14	3,11	2,64	3,12	
Коэф. Полноты	δ		0,594	0,589	0,59	0,584	0,581	0,602	0,59	0,587	0,673	0,582	
Мощность ГД	Ngd	кВт	480	480	480	582	905	480	480	480	601	929	
Коэф. Полноты	α		0,868	0,864	0,862	0,859	0,857	0,868	0,865	0,862	0,859	0,857	
Коэф. Полноты	β		0,802	0,800	0,805	0,800	0,800	0,812	0,800	0,800	0,922	0,800	
Коэф. Полноты	φ		0,741	0,736	0,733	0,729	0,727	0,741	0,737	0,733	0,730	0,727	
Мощность расчетная	Np	кВт	163	246	373	582	905	170	257	386	601	929	
Мощность на тралении	Ntral	кВт	480	480	480	582	905	480	480	480	601	929	
Дисконт. денеж. поток	DCF	млн.руб	365	504	610	642	563	361	499	605	659	631	
Чистый дисконт. Доход	NPV	млн.руб	318	456	563	593	512	313	450	556	610	579	
Строит. стоимость судна	Sk	млн.руб	274	277	280	286	300	278	282	285	287	305	
Годовая выручка судна	Qg	млн.руб	92,8	115	133	147	155	92,8	115	133	149	163	
Годовые затраты судна	Cs	млн.руб	27,5	31,5	36,4	45,3	62,7	27,7	31,9	36,8	45,7	61,8	
Эффект. Капиталовложен	Fкар		0,239	0,300	0,347	0,355	0,309	0,234	0,294	0,339	0,361	0,332	

Продолжение таблицы 4.4.1

Наименование	Обоз.	Ед.изм.	120					130				
			7	8	9	10	11	7	8	9	10	11
Объем трюма	Vtr	м3										
Скорость судна	vs	узлы	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11
Длина	L	м	19,02	20,34	21,47	22,66	23,74	19,41	20,74	21,88	23,03	24,2
Ширина	B	м	7,95	7,83	7,74	7,95	7,79	8,18	8,02	7,88	7,93	7,98
Высота борта	H	м	5,5	5,41	5,35	4,87	5,38	5,3	5,3	5,34	5,2	5,28
Осадка	T	м	3,27	3,22	3,19	2,62	3,19	3,03	3,08	3,17	3,01	3,06
Коэф. Полноты	δ		0,593	0,59	0,587	0,694	0,582	0,648	0,626	0,602	0,625	0,615
Мощность ГД	Ngd	кВт	480	480	480	618	952	480	480	480	631	974
Коэф. Полноты	α		0,868	0,865	0,862	0,860	0,857	0,869	0,865	0,862	0,860	0,858
Коэф. Полноты	β		0,800	0,800	0,800	0,950	0,800	0,873	0,848	0,820	0,855	0,846
Коэф. Полноты	ϕ		0,741	0,737	0,734	0,730	0,727	0,742	0,738	0,734	0,731	0,728
Мощность расчетная	Np	кВт	178	268	399	618	952	186	279	412	631	974
Мощность на тралении	Ntral	кВт	480	480	480	618	952	480	480	480	631	974
Дисконт. денеж. поток	DCF	млн.руб	356	494	599	650	620	354	490	594	641	609
Чистый дисконт. Доход	NPV	млн.руб	308	444	550	601	566	305	440	544	590	556
Строит. стоимость судна	Sk	млн.руб	283	287	290	291	311	285	289	294	300	314
Годовая выручка судна	Qg	млн.руб	92,8	115	133	149	163	92,8	115	133	149	163
Годовые затраты судна	Cs	млн.руб	28,0	32,2	37,1	46,5	62,9	28,2	32,5	37,5	47,1	63,9
Эффект. Капиталовложен	Fкар		0,229	0,288	0,332	0,353	0,323	0,227	0,285	0,327	0,341	0,316

Окончание таблицы 4.4.1

Наименование	Обоз.	Ед.изм.	140					150				
			7	8	9	10	11	7	8	9	10	11
Объем трюма	Vtr	м3										
Скорость судна	vs	узлы	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11
Длина	L	м	19,75	21,11	22,27	23,49	24,69	20,09	21,47	22,67	23,82	25,2
Ширина	B	м	8,24	8,11	7,97	8,17	8,24	8,4	8,25	8,18	8,1	8,17
Высота борта	H	м	5,47	5,39	5,42	4,98	5,03	5,4	5,37	5,24	5,39	5,41
Осадка	T	м	3,21	3,19	3,26	2,74	2,75	3,13	3,15	3,05	3,21	3,21
Коэф. Полноты	δ		0,627	0,62	0,599	0,695	0,692	0,654	0,638	0,648	0,613	0,614
Мощность ГД	Ngd	кВт	480	480	480	649	999	480	480	480	662	1015
Коэф. Полноты	α		0,869	0,866	0,863	0,860	0,858	0,869	0,866	0,863	0,860	0,858
Коэф. Полноты	β		0,844	0,840	0,815	0,950	0,950	0,880	0,864	0,882	0,839	0,842
Коэф. Полноты	ϕ		0,742	0,738	0,734	0,731	0,728	0,743	0,738	0,735	0,731	0,728
Мощность расчетная	Np	кВт	193	289	425	649	999	200	300	439	662	1015
Мощность на тралении	Ntral	кВт	480	480	480	649	999	480	480	480	662	1015
Дисконт. денеж. поток	DCF	млн.руб	349	485	588	634	600	346	480	585	624	588
Чистый дисконт. Доход	NPV	млн.руб	299	434	537	582	546	296	429	534	570	533
Строит. стоимость судна	Sk	млн.руб	290	294	299	301	315	293	297	300	311	325
Годовая выручка судна	Qg	млн.руб	92,8	115	133	149	163	92,8	115	133	149	163
Годовые затраты судна	Cs	млн.руб	28,4	32,8	37,9	47,9	65,1	28,7	33,1	38,3	48,5	65,9
Эффект. Капиталовложен	Fкар		0,222	0,279	0,320	0,337	0,312	0,219	0,275	0,318	0,325	0,299

По результатам технико-экономического расчета были построены зависимости изменения экономических критериев эффективности судов от скорости свободного хода для каждого значения объема грузового трюма. Указанные зависимости представлены на рисунках 4.4.1 (Эффективность капиталовложения) и 4.4.2 (Частый дисконтированный доход).

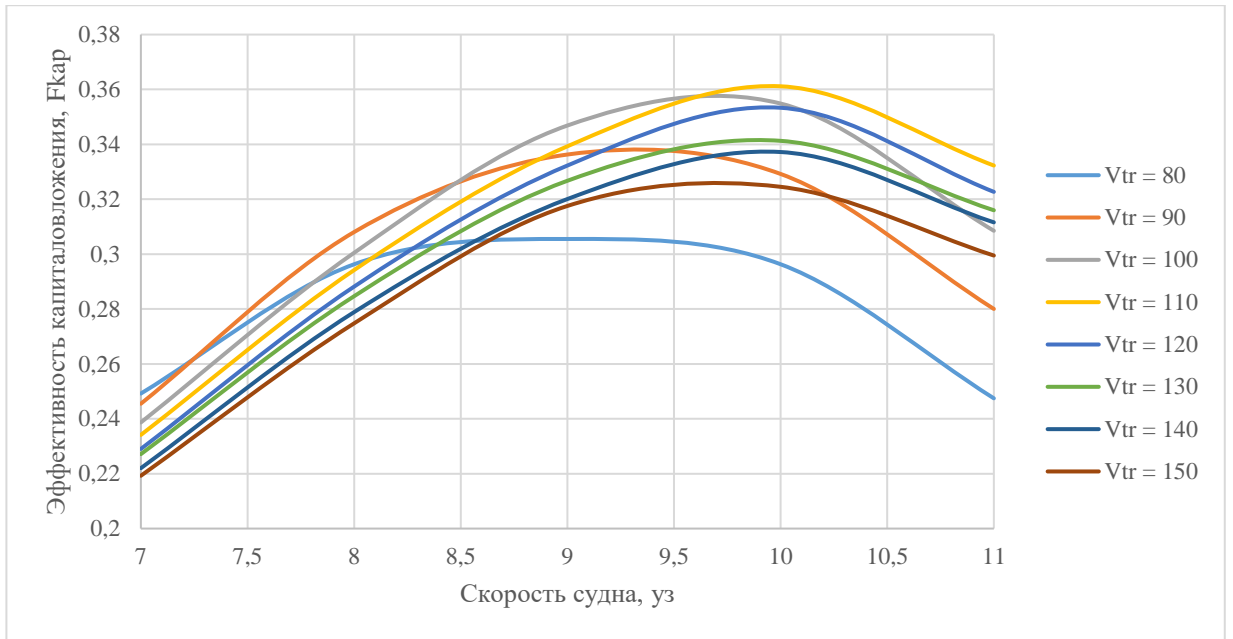


Рисунок 4.4.1 - Зависимость эффективности капиталовложения от скорости судна для каждого значения объема грузового трюма

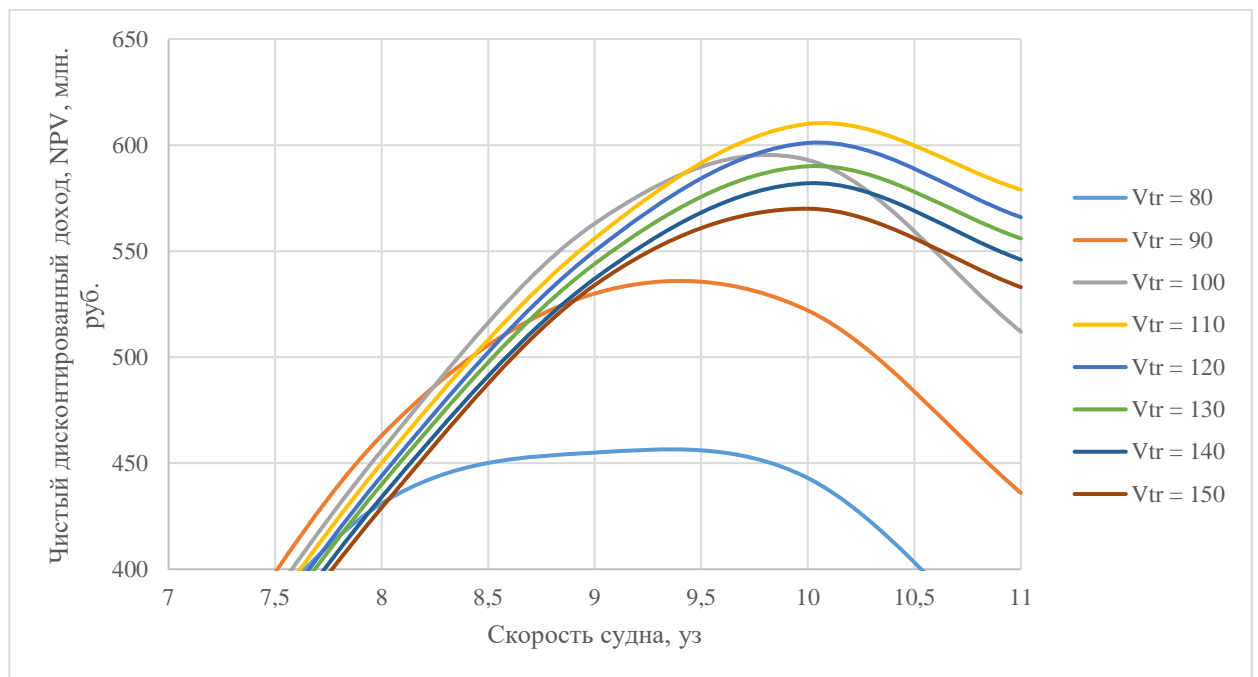


Рисунок 4.4.2 - Зависимость чистого дисконтированного дохода от скорости судна для каждого значения объема грузового трюма

Анализ представленных графиков показал, что наилучшее сочетание основных характеристик судна, с точки зрения экономики, достигается на судне с объемом трюма 110 м³ и скоростью свободного хода около 10 узлов. Основные характеристики этого варианта судна, следующие:

длина судна, L , м –	22,2;
ширина судна, B , м –	7,80;
высота борта, H , м –	4,88;
осадка, T , м -	2,64;
коэффициент общей полноты, δ -	0,673;
коэффициент полноты ватерлинии, α –	0,859;
коэффициент полноты мидель-шпангоута, β –	0,922;
коэффициент продольной полноты, φ –	0,730;
скорость судна, V_s , узлы –	около 10;
мощность ГД, $N_{ГД}$, кВт –	601;
объем грузового трюма, $V_{тр}$, м ³ -	110.

На основании вышеуказанных данных, а также рекомендаций, полученных по результатам испытаний физических моделей судов в опытовом бассейне, был разработан предварительный теоретический чертеж судна и создана трехмерная модель, с использованием ПО MaxSurf. 3D модель корпуса судна представлена на рисунке 4.4.3.

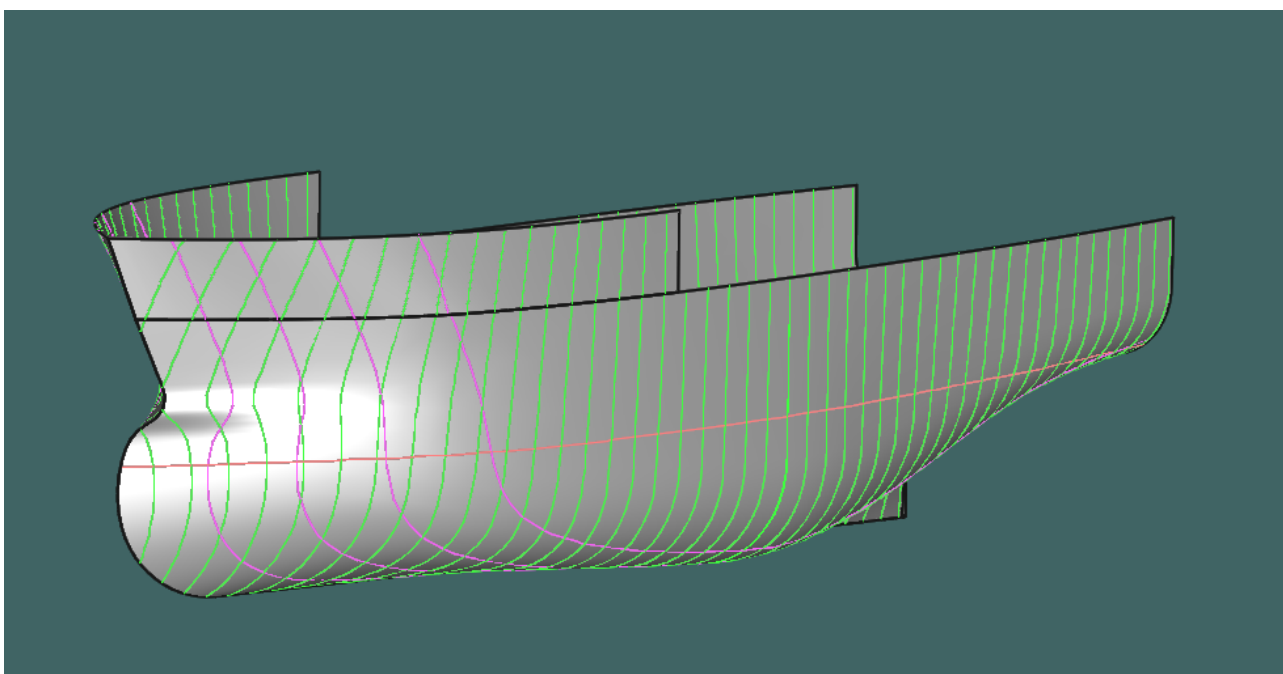


Рисунок 4.4.3 – 3D модель корпуса нового судна

С целью подтверждения правильности принятых решений при разработке нового теоретического чертежа, был выполнен сравнительный анализ зависимости изменения коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда по отношению к исходному судну (аванпроект). Данный расчет проводился с использованием ПО MaxSurf Resistance. Сравнительные результаты представлены на рисунках 4.4.4 – 4.4.5.

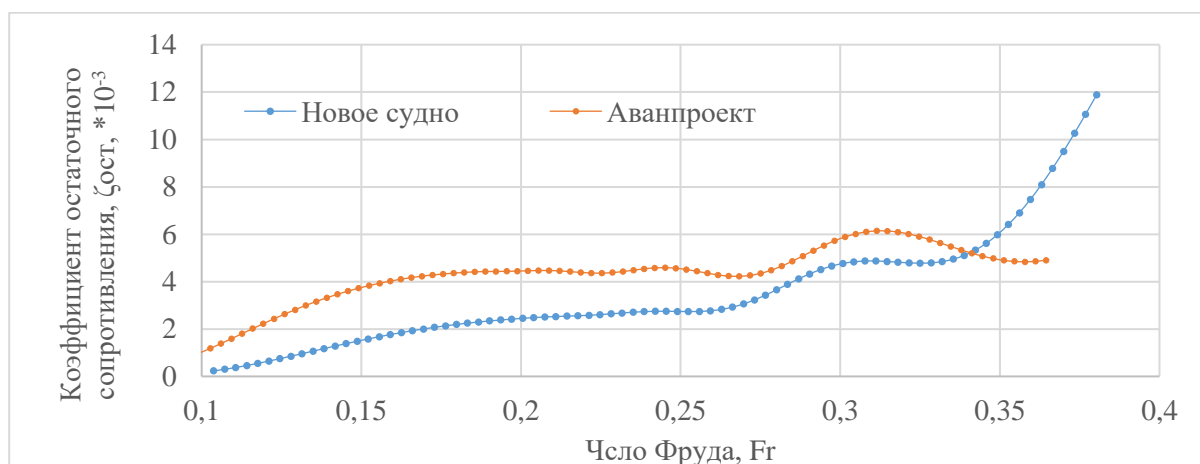


Рисунок 4.4.4 – Зависимость изменения коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда для нового судна и судна – аванпроекта, по расчету методом Ван Оортмерсена

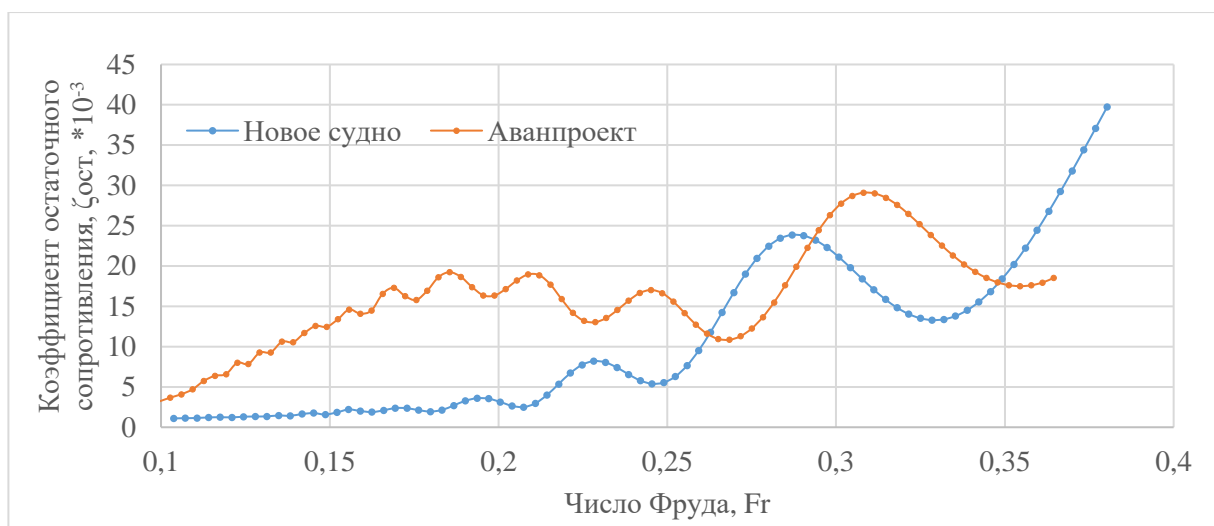


Рисунок 4.4.5 – Зависимость изменения коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда для нового судна и судна – аванпроекта, по расчету аналитическим методом тонкого тела

При анализе данных результатов нельзя оперировать абсолютными значениями коэффициента остаточного сопротивления, т.к. полученная картина в значительной степени отличается от полученной в результате модельных испытаний (см. §3.4).

ПО MaxSurf Resistance позволяет получить картину волнообразования судна, что дает возможность произвести визуальное сравнение двух судов (рис. 3.1.3 – 3.1.4; 4.4.6 – 4.4.7):

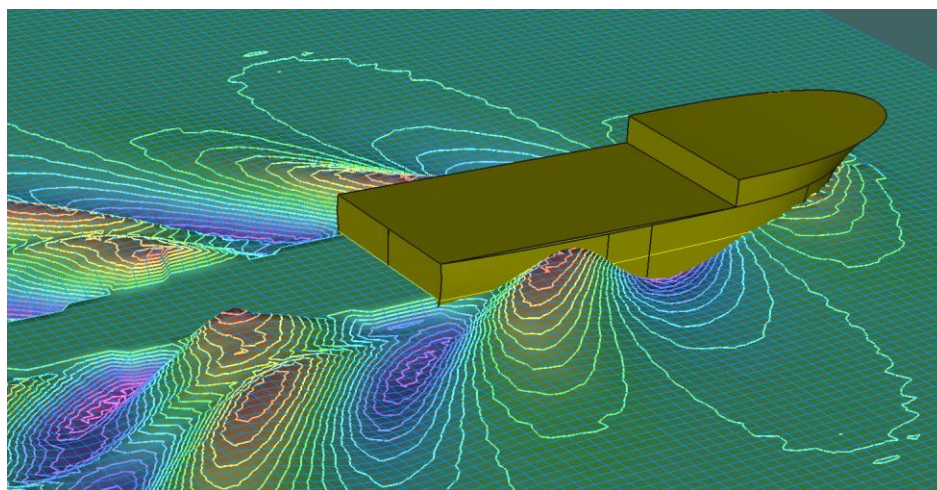


Рисунок 3.1.3 - Картина волнообразования от движения судна-аванпроекта.

Скорость 10 узлов

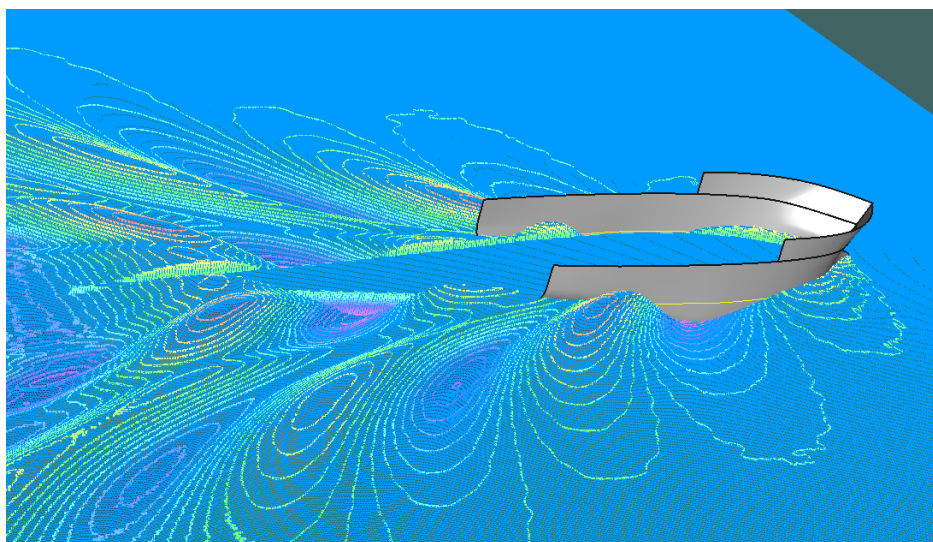


Рисунок 4.4.6 - Картина волнообразования от движения нового судна.

Скорость 10 узлов

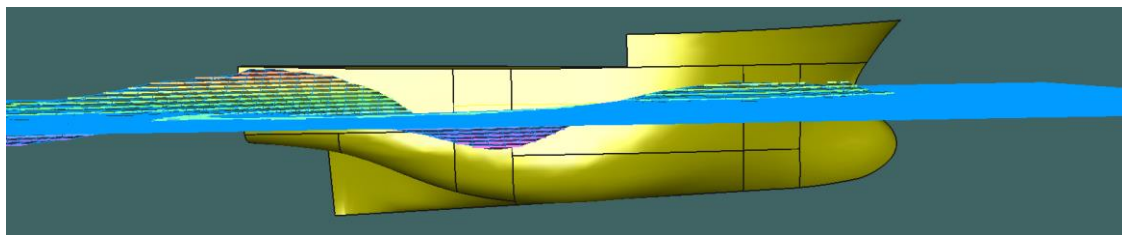


Рисунок 3.1.4 - Картина волнообразования от движения судна.

Скорость 10 узлов

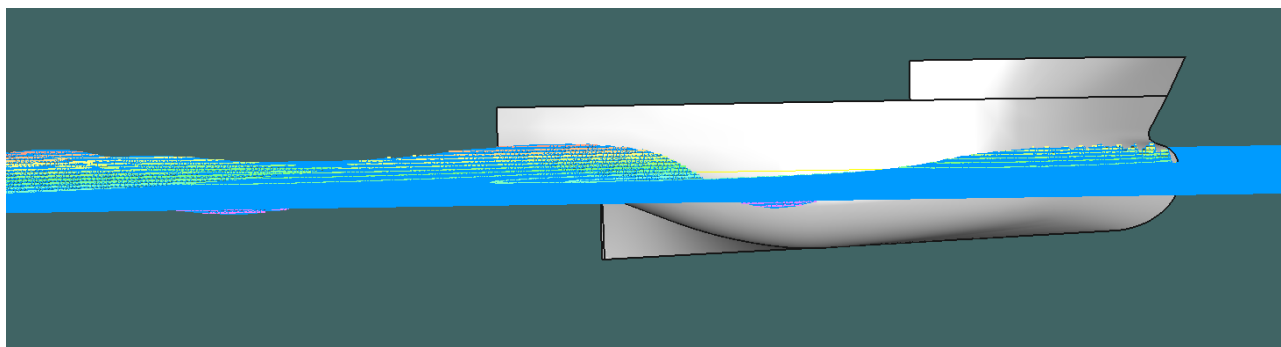


Рисунок 4.4.7 - Картина волнообразования от движения нового судна.

Скорость 10 узлов

В результате сравнения результатов расчетов (рис. 4.4.3 – 4.4.6), можно сделать вывод, что предлагаемый новый корпус обладает лучшими мореходными качествами, по сравнению с судном – аванпроектом. Это наблюдается на графиках изменения коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда; на картинах волнообразования в средней и кормовой частях судна корабельная волна у нового судна значительно меньше в размерах относительно корпуса, а за транцем нового судна невозмущенная область воды меньше, чем у судна-аванпроекта.

На основании вышеизложенного можно считать, что решения, заложенные на этапе разработки нового корпуса (с учетом результатов проведенных исследований) судна являются правильными. Вместе с тем, окончательное заключение о конкретных мореходных качествах нового судна можно сделать только после проведения испытаний в опытовом бассейне.

Следует отметить, что наиболее эффективное судно при заданных условиях, согласно результатам технико-экономического расчета, в год сможет вылавливать около 6,8 тыс. тонн рыбы. Учитывая информацию по общим допустимым

уловам по основным промысловым видам рыб (приложение Б), суммарный объем квот на добычу морских биоресурсов на Балтике составляет около 79,7 тысяч тонн. Таким образом, можно сделать вывод, что флот из 12 судов способен обеспечить полный вылов рыбы в объеме квот.

Указанные характеристики являются исходными данными для проектирования перспективного малого рыболовного судна для Балтики на последующей стадии проектирования. Сформированное техническое задание на разработку судна на следующем этапе проектирования приведено в приложении К.

Автор понимает, что ряд факторов, способных повлиять на результаты расчетов и, следовательно, на основные размерения судна могут быть не учтены, или учтены неправильно, например – значение количества выловленной рыбы за 1 час промысла. Однако, они могут и должны быть учтены на следующих этапах проектирования, в первую очередь, опираясь на информацию и требования судовладельца, которому и предстоит работать на данном судне. В свою очередь, уточнение исходных данных не отразится на концепции современного судна типа МРТ для акватории Балтийского моря.

Выводы по главе 4

В результате исследований, представленных в настоящей главе, получены следующие результаты:

- на основании результатов аванпроекта и проведенных модельных испытаний составлена и решена система уравнений проектирования, позволяющая определить основные характеристики судов при варьировании показателей объема рыбного трюма и скорости свободного хода, применительно к акватории Балтийского моря;
- составлена математическая модель, позволяющая оценить экономический эффект судна с основными характеристиками, полученными в результате решения системы уравнений проектирования, в условиях работы на Балтике на протяжении всего жизненного цикла – проектирование / строительство / эксплуатация / утилизация;

- определено сочетание основных характеристик рыболовного судна для наиболее выгодной эксплуатации в акватории Балтийского моря;
- разработан предварительный теоретический чертеж и трехмерная модель нового судна; обоснована правильность принятых решений при разработке теоретического чертежа, по сравнению с судном – аванпроектом;
- разработано техническое задание на проектирование рыболовного судна на последующих стадиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований разработана концепция и обоснованы основные технические характеристики универсального рыболовного траулера для ведения промысла в 26 подрайоне Балтийского моря, учитывающая ключевые факторы работы в заданном регионе.

В соответствии с предложенной концепцией разработан аванпроект судна, соответствующий требованиям Правил Регистра, который может быть использован в качестве судна-прототипа при разработке судов подобного класса и назначения. На основании материалов аванпроекта получены аналитические зависимости – уравнения проектирования, необходимые для выполнения работ на последующих этапах проектирования.

На основании результатов исследований физических моделей судов в опытовом бассейне, установлены основные элементы судна, на которые необходимо обращать внимание при проектировании МРС для обеспечения лучших мореходных качеств.

В результате вариационного решения системы уравнений проектирования и технико-экономического расчёта определены основные характеристики наиболее экономически эффективного судна для работы в акватории Балтийского моря.

В соответствии с определенными основными характеристиками судна и результатами модельных испытаний, разработан предварительный теоретический чертеж нового судна. Сравнение аванпроекта и нового судна подтвердило правильность используемых решений.

Разработано техническое задание на проектирование рыболовного судна на последующих стадиях.

На основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что предлагаемая концепция рыболовного флота для работы в Балтийском море численностью 12 судов, способна обеспечить полный вылов морских биоресурсов в объеме выделяемых квот (общих допустимых уловов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зиланов В.К., Романов В.А., Ризанов Ю.М. Морской добывающий флот России: прошлое и настоящее // Рыбное хозяйство №1. – 2000. – С. 24 - 26.
2. Речные рыбацкие суда / А.В. Трифонов. Москва: ТрансЛит, 2010. 144 с.
3. Флот рыбной промышленности. Справочник типовых судов / Под ред. Б.А. Антипова. М.: Транспорт, 1990. 381 с.
4. Часовников Н.Ю. Проектное обоснование технических и экономических характеристик рыболовных судов: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.03 / Часовников Никита Юрьевич. – СПб., 2013. – 21 с.
5. Иванов В.П. Разработка методологии оптимизационного проектирования рыболовных судов и рационального использования их производственного потенциала: автореф. дис. ... док. тех. наук: 05.08.03 / Иванов Владимир Павлович. – СПб., 2007. – 39 с.
6. Иванов В.П. Анализ характеристик современных малотоннажных и наливных рыболовных судов для задач их проектирования / В.П. Иванов, С.Д. Дудин, В.Т. Зыонг. - СПб: Морские интеллектуальные технологии. – 2017. – №3(37), т1. – С. 48-56.
7. Ногид Л. М. Рыболовные траулеры. – Л. – 1933.
8. Ногид Л. М. Промысловые суда. – Л., ОНТИ. – 1935. – 136 с.
9. Ногид Л.М. Теория проектирования судов. – Л., Судпромгиз. – 1955.
10. Ногид Л.М. Проектирование морских судов. Выбор показателей формы и определение мощности энергетической установки проектируемого судна, Л. – 1964.
11. Ногид Л.М. Анализ элементов рыболовных судов / Л.М. Ногид // Судостроение. – 1972, – №4, – с. 11 - 18.
12. Раков А.И. Особенности проектирования промысловых судов. Л.: Судостроение. – 1966.

13. Раков А.И. Оптимизация основных характеристик и элементов промысловых судов. Л.: Судостроение. – 1978. – 232 с.
14. Раков А.И. Проектирование промысловых судов: Учебник/ А.И. Раков, Н.Б. Севастьянов. — Л: Судостроение, 1981. — 376с.
15. Севастьянов Н.Б. Остойчивость промысловых судов. Л.: Судостроение. – 1970. – 200 с.
16. Логачев С.И. Выбор оптимальных грузоподъемностей и скоростей хода рефрижераторных траулеров // Рыбное хозяйство №8. – 1964. – С. 47 - 49.
17. Логачев С.И. Выбор оптимальных грузоподъемностей и скоростей хода рефрижераторных траулеров при экспедиционном лове рыбы // Рыбное хозяйство №9. – 1964. – С. 36 - 39.
18. Логачев С.И. Мировое судостроение: современное состояние и перспективы развития / С.И. Логачев, В.В. Чугунов. СПб.: Судостроение. – 2001. – 312 с.
19. Нечаев Ю.И. и др. Выбор оптимальных решений на основе генетического алгоритма. // «Морской вестник». – № 7. – 2003. – с. 45 - 52.
20. Нечаев Ю.И. Остойчивость судов на попутном волнении. Л.: Судостроение. – 1978. – 272 с.
21. Дятченко С.В. Методика проектирования промысловых судов, соответствующих заданному вибрационному состоянию [Текст] / С.В. Дятченко // Известия КГТУ. – 2009. - №15. – С. 108-114.
22. Дятченко С.В. Разработка теоретических положений проектирования судовых надстроек промысловых судов с обеспечением норм вибрации [Текст] / С.В. Дятченко, А.П. Иванов, С.В. Тананыкин, В.А. Шабанов // Труды XII Международной научной конференции. Под ред. В.А. Волкогона. – 2014. – С. 275-277.
23. Гришин П.Р. Математическое моделирование при определении основных элементов и характеристик промысловых судов [Текст] / П.Р. Гришин, С.В.

Дятченко, В.А. Коробчинский, А.А. Недоступ // Известия КГТУ. – 2020. - №58. – С. 153-167.

24. Дятченко С.В. Определение основных элементов и характеристик средних рыболовных траулеров на начальных этапах проектирования/ С. В. Дятченко, Н. Х. Льюнг // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология. – 2009. – № 1. – С. 38-43.

25. Иванов А.В. Экономические аспекты проектирования рыбопромысловых судов России [Текст] / А.В. Иванов, Е.В. Маслюк // Известия КГТУ. – 2014. – №35. – С. 259-266.

26. Маслюк Е. В. Проектирование морских судов. Расчеты нагрузки масс водоизмещения порожнем судов различного назначения: Учебное пособие / Е. В. Маслюк, А.Ф. Иконников. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ». – 2008. – 47 с.

27. Ярисов В.В. Анализ аварий судов от потери остойчивости в условиях заливания палубы / В.В. Ярисов. СПб.: Судостроение. – 2005. – С. 128.

28. Ярисов В.В. Накренение и опрокидывание малотоннажного судна при его заливании попутной волной / В.В. Ярисов. - Калининград: БГАРФ. – 2003. – С. 139.

29. Ярисов В.В. Особенности эксплуатации малотоннажных судов на попутном волнении в условиях заливания палубы в свете обеспечения безопасности мореплавания / В.В. Ярисов. СПб.: Судостроение. – 2003. – С. 48.

30. Францев М.Э. Проектное обоснование конструктивных решений для судов с повышенными характеристиками ходкости и мореходности / М.Э. Францев // Морской вестник. – 2010. – №3(35). – с. 107-109.

31. Суоров О.Э. Влияние проектных характеристик судна на его мореходные и прочностные качества: дис. канд. тех. наук: 05.08.03 / Суоров Олег Эдуардович. – Владивосток., 2000. – 252 с.

32. Францев М.Э. Методика проектирования промысловых судов, соответствующих заданному вибрационному состоянию [Текст] / М.Э. Францев, И.М. Францев // Известия КГТУ. – 2014. - №32. – С. 265-274.

33. Суров О.Э. Анализ главных размерений и характеристик рыболовных судов [Текст] / О.Э. Суров, М.В. Китаев, Е.Е. Соловьева, Д.В. Тюфтяев и др. // Научные проблемы водного транспорта. – 2022. - №72. – С. 41-53.
34. Дудин С.Д. Исследование особенностей современных малых промысловых судов в рамках принципа модульной интерпретации [Текст] / С.Д. Дудин // Материалы V Международного Балтийского форума. – 2017. – С. 164-175.
35. Максимов Е.А. Разработка концептуальных проектов промысловых судов для прибрежного промысла [Текст] /Е.А. Максимов, И.С. Карпушин // Судостроение. – 2013. - №1(806). – С. 30-33.
36. Благовещенский С.Н. Справочник по статике и динамике корабля. Статика корабля. Том 1/ С.Н. Благовещенский, А.Н. Холодилин. – Л.: Судостроение, 1976. – 312 с.
37. Борисов Р. В. Статика корабля: Учебное пособие / Р. В. Борисов [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Судостроение, 2005. – 256 с.
38. Бронников А.В. Проектирование судов. Учебник / А.В. Бронников. – Л.: Судостроение. – 1991. – 320с.
39. Вашедченко А.Н. Автоматизированное проектирование судов/ А.Н. Вашедченко. - Л.: Судостроение, 1985. – 164 с.
40. Гайкович А.И. Основы теории проектирования сложных технических систем / А.И. Гайкович. – СПб.: МОРИНТЕХ, 2001. – 432 с.
41. Краев В.И. Экономические обоснования при проектировании морских судов / В.И. Краев. - Л.: Судостроение. – 1981. – 280 с.
42. Маков Ю.Л. Остойчивость. Что это такое? Диалоги с капитаном / Ю.Л. Маков. - СПб.: Судостроение. – 2005. –320с.
43. Захаров И.Г. Основы концептуального проектирования сложных технических систем // Материалы конференции «Моринтех-2003», СПб., НИЦ Моринтех. – 2003. – С. 15-21.
44. Захаров И.Г. Теория компромиссных решений при проектировании корабля. / И.Г. Захаров – Л.: Судостроение. – 1987. – 136 с.

45. Коршунов Л.П. Энергетические установки промысловых судов: Учебник. Л.: Судостроение. – 1991. – С. 360.
46. Кутенев А.А. Методы определения основных элементов судна при отсутствии надежного прототипа // Сб. докладов международного семинара «Суда будущего», СПб., НТО им. акад. А.Н. Крылова. – 2007. – С. 64 -68.
47. Пашин В.М., Гайкович А.И. Определение основных элементов судна в начальной стадии проектирования. Л., ЛКИ. – 1984.
48. Дам В.Т. Методика обоснования характеристик и элементов Рыболовных судов для социалистической республики Вьетнам с учетом стохастических и динамических факторов их функционирования: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.03 / Дам Ван Тунг. – Владивосток, 2021. – 24 с.
49. Дам В.Т. Численное моделирование мореходных качеств рыболовного судна [Текст] / В.Т. Дам // Военно-инженерное дело на дальнем востоке России: материалы II научно-практической конференции. – 2018. – С. 80-82.
50. Зыонг В.Т. Техничко-экономический анализ и методика оптимизационного выбора характеристик рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства СРВ: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.03 / Зыонг Ван Тхань. – Калининград, 2020. – 23 с.
51. Нго Д.Т. Методика проектирования и технико-экономическое обоснование характеристик наливных рыболовных судов для удаленных районов прибрежного рыболовства СРВ: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.03 / Нго Дык Тханг. – Калининград, 2013. – 23 с.
52. Лвин А.С. Проектное обоснование технических и экономических характеристик рыболовных судов для союза Мьянма: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.03 / Лвин Аунг Соз. – СПб., 2011. – 23 с.
53. Нгуен В.Х. Методика проектирования малых деревянных рыболовных судов для социалистической республики Вьетнам: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.03 / Нгуэн Вьет Хоан. – Калининград, 2010. – 25 с.

54. Май К.Ч. Проектное обоснование характеристик и элементов маломерных рыболовных судов Вьетнама с позиций обеспечения мореходных качеств: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.03 / Май Куок Чыонг. – СПб., 2010. – 25 с.
55. Лыонг Н.Х. Проектное обоснование характеристик и элементов средних рыболовных траулеров для Вьетнама с обеспечением норм вибрации: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.08.03 / Лыонг Нгок Хунг. – Калининград, 2010. – 23 с.
56. «Регистровая книга Российского морского Регистра Судоходства» [Электронный ресурс], режим доступа : <https://lk.rs-class.org/regbook/regbookVessel?ln=ru/> Дата обращения 07.05.21
57. «Регистровая книга Российского Классификационного Общества» [Электронный ресурс], режим доступа: <https://rfclass.ru/activities/class/regbook/?s=8150/> Дата обращения: 07.05.21.
58. Письмо от ФГБНУ «АтлантНИРО» к ФГБОУ ВО «КГТУ» №01/1711 от 15 ноября 2016 г.
59. «Официальный сайт ICES/ИКЕС» [Электронный ресурс], режим доступа: <https://www.ices.dk/Pages/default.aspx/> Дата обращения 26.09.21.
60. Российский Морской Регистр Судоходства. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей. – СПб: РМРС, 2006
61. Кладов К.В. Метеорологические и экономические условия эксплуатации малых рыболовных судов в Балтийском море [Текст] / К.В. Кладов, Е.Ю. Говязина А.В. Бондарь // Известия КГТУ. – 2016. - №41. – С. 174-185.
62. ГОСТ 814-96. Рыба охлажденная. Технические условия. –М.: Изд-во стандартов. – 1996. – 13с.
63. «Промышленные льдогенераторы» [эл. ресурс], режим доступа: <https://www.fbh.ru/ldogeneratori> Дата обращения: 11.10.21.

64. Богатырева Е.В. Особенности использования абсорбционных холодильников на малых судах рыболовного флота [Текст] / Е.В. Богатырева // Сборник тезисов докладов участников пула научно-практической конференций. – 2021. – С. 138-141.
65. Руденко М.Ф. Перспективы применения сорбционных холодильных установок на рыболовных судах малого флота [Текст] / М.Ф. Руденко // Вестник астраханского государственного технического университета. Серия: морская техника и технология. – 2009. – С. 130-134.
66. A Holistic Approach to Ship Design: Volume 1 / Apostolos Papanikolaou . – Greece, 2019. – 501 p.
67. Apostolos Papanikolaou. Ship Design-Methodologies of Preliminary Design/ Apostolos Papanikolaou. Springer Science. 2014. 635 p.
68. D.G.M. Watson. Practical Ship Design, Volume 1/ D.G.M. Watson. Elsevier. 1998. 531 p.
69. Yasuhisa Okumoto. Design of Ship Hull Structures / Yasuhisa Okumoto, Yu Takeda, Masaki Mano, Tetuso Okada. Springer. 2009. 565 p.
70. «Официальный сайт предприятия KARSTENSENS SKIBSVÆRFT A/S (Дания)» [Электронный ресурс], режим доступа: <http://www.karstensens.dk/> Дата обращения 15.01.22.
71. «Официальный сайт предприятия SKIPASYN (Исландия)» [Электронный ресурс], режим доступа: <https://skipasyn.is/ru/> Дата обращения 15.01.22.
72. «Официальный сайт предприятия MACDUFF SHIP DESIGN (Великобритания)» [Электронный ресурс], режим доступа: <https://www.macduffshipdesign.com/> Дата обращения 15.01.22.
73. «Официальный сайт предприятия «Фишинг Сервис» (Россия)» [Электронный ресурс], режим доступа: <https://www.fishing.com/ru> Дата обращения 11.11.11
74. Fishing Boats of the World. Part 3.P. 139-169, P. 540.

75. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки малых морских рыболовных судов. – СПб: РМРС, 2023
76. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов: в 17 ч. – СПб: РМРС, 2023
77. Санитарные правила для морских судов промыслового флота СССР (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 22 декабря 1977 г. N 1814-77)
78. ОСТ 5.0365-82 (РД 5.0365-82) Ходовые качества морских водоизмещающих судов гражданского назначения. Методика проведения приемо-сдаточных испытаний. Основные требования. - М., 1984. – 65 с.
79. Rules for classification of ships. Part 5, chapter 6. Fishing vessels. DNV GL AS. 2016. 26 p.
80. Разработка проекта совместных правил Российского Речного Регистра и Российского Морского Регистра Судоходства по классификации и постройки судов малых размерений: отчет о научно-технической работе в 11 частях/ Емельянов М.Д. – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2014.
81. ОСТ 5Р.2057-97 Устройства леерное и тентовое надводных судов. Типовая технология монтажа. –М., 1997. – 29с.
82. Джилмер, Томас. С. Проектирование современного корабля / Т.С. Джилмер. Д.: Судостроение, 1974. - 280 с.
83. Ашик В.В. Проектирование судов: Учебник. Л.: Судостроение, 1985. — 320с.
84. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов: монография в 2 т. / А. И. Гайкович. СанктПетербург: МОРИНТЕХ, 2014.
85. «Learning Maxsurf. Manual». Formation Design Systems Pty Ltd 1984-2009.
86. 204-ЛМКС.000.001-МИ «Буксировочные испытания моделей судов. Методика», - Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. – 48 с.

87. Жибоедов В.В. О соответствии требований российского морского регистра судоходства издания 2005 года к остойчивости малых морских рыболовных судов, постройки 1950-2000 годов [Текст] / В.В. Жибоедов, А.В. Кузьмина, А.И. Раков, К.В. Перепадя // Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений. – 2012. – С. 81-87.

88. Jesús Alvite-Castro, José A. Orosa, Rebeca Bouzón. A new design criterion to improve the intact stability of galician small fishing vessels // Journal of Marine Science and Engineering. 2020. No 8(8). DOI: 10.3390/JMSE8070499.

89. Rizki Ispramudita Julianto, Aditya Rio Prabowo, Ristiyanto Adiputra. Investigation of hull design to quantify resistance criteria using holtrop's regression-based method and savitsky's mathematical model: A study case of fishing vessels // Journal of Engineering Science and Technology. 2021. No 16 (2). P. 1426-1443. ISSN: 18234690.

90. Najdan Waris C P. Hull Form Optimization of Fishing Vessels by Adoption of Stern Wedge and Bilge Keel // International Journal of Current Science Research and Review. 2022. No 05 (09). DOI: 10.47191/ijcsrr/v5-i9-59.

91. Aldias Bahatmaka, Muhammad Yusuf Wibowo. Numerical Approach of Fishing Vessel Hull Form to Measure Resistance Profile and Wave Pattern of Mono-Hull Design // Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Science. No 1 (2023). P. 1-11. DOI:10.37934/arfmts.104.1.111.

92. Техничко-экономические основы создания рыболовных судов: учеб./ В.П. Иванов. Калининград: БГАРФ, 2010. 274с

93. Иванов В.П. Математическое моделирование эксплуатации современного рыболовного судна при освоении его улова [Текст] / В.П. Иванов, С.Д. Дудин, Курдюков С.Г. // Морские интеллектуальные технологии. – 2016. – №3-2 (38). – С. 62-66.

94. Аполлинариев В.И. Оптимизация характеристик промыслового судна на базе имитационного моделирования / В. И. Аполлинариев// «Судостроение», 1990, №3, с. 12-14.

95. Аполлинариева И.В. Оптимизация характеристик технологического комплекса при модернизации траулера/ И.В. Аполлинариева // Рыбное хозяйство, 1988, №2, с.78-79.
96. Астахов В.Е., Горобец В.С. Техничко-экономические обоснования проектирования промысловых судов/ В.Е. Астахов, В.С. Горобец. - Л.: Судостроение, 1982. - 248 с.
97. Безуглова М. Б. Модели оптимизации проектных характеристик промыслового судна по экономическим критериям: дисс. канд. техн. наук: 05.08.03. -ДВГТУ, Владивосток, 2007. - 183 с.
98. Войлошников М.В. Морские ресурсы и техника: эффективность, стоимость, оптимальность/ М.В. Войлошников. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ. – 2002. – 587с.
99. Volker Bertram. Ship Design for Efficiency and Economy/ Volker Bertram, H. Schneekluth. Butterworth-Heinemann. 1998. 224 p.
100. Пашин В.М. Математическая модель задачи оптимизации пополнения рыбопромыслового флота // Судостроение. – 1971. – № 5. – С. 7 - 10.
101. Пашин В.М., Поляков Ю.Н. Вероятностная оценка экономической эффективности судов. Л., Судостроение. – 1976.
102. Пашин В.М. Оптимизация судов. Л., Судостроение. – 1983.
103. Родионов В.В. Использование современных технологий автоматизированного исследовательского проектирования при обосновании облика перспективных кораблей // Материалы конференции «Моринтех-2001», СПб., НИЦ Моринтех. – 2001. – С. 76 - 80.
104. Савинов Г.В., Царев Б.А. Оптимизационные математические модели проектирования судов и пути совершенствования методологии их анализа // Морской журнал. – 2000. – №2.
105. Савинов Г.В., Царев Б.А. Влияние структуры функционального оборудования судов на состав их оптимизационных моделей // Материалы конференции «Моринтех-2003», СПб., НИЦ Моринтех. – 2003. – с. 46 - 47.

106. Целищева Ф.Р., Кузнецова Е.В. Финансово-экономическая оценка инвестиционных проектов рыбопромысловых судов // Рыбное хозяйство №1. – 2001. – С. 12 - 13.

107. ИМЯН.Балтика.360049.006: «Технико-экономическое обоснование выбранного типа судна». ОКР «разработка концептуального проекта модернизации маломерного рыболовного траулера по типу пр. 1328 («Балтика»), для Северо-Западного региона России с вариантом использования в качестве основного топлива сжиженного природного газа (СПГ) и с возможностью использования функции прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений»

108. «Лист горячекатаный» [эл. ресурс], режим доступа: <https://www.lsst.ru/list-goryachekatanyu/> Дата обращения: 11.10.20.

109. «Судовой прогулочный двигатель Iveco (FPT) C90 620 (450 кВт)» [эл. ресурс], режим доступа: <http://www.brizmotors.ru/equipment/iveco/c90-620/#ixzz63HbDEzE> Дата обращения: 11.10.10.

110. «Судовое топливо» [эл. ресурс], режим доступа: <http://toplivo777.ru/sudovoe-toplivo> Дата обращения: 11.10.20.

111. Статья 333.33 Налоговый кодекс РФ часть вторая от 05.08.2000 № 117-ФЗ: (ред. от 29.09.2019) [эл. ресурс], режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/7f6aa2a30ed6c4b39a5890e07c7494d9c278b8ea/ Дата обращения: 12.10.20.

112. Разработка концептуального проекта модернизации маломерного рыболовного траулера по типу пр. 1328 («Балтика»), для северо-западного региона России, с возможностью использования функции прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений [Текст]: технический отчет:/ ФГБОУ ВО «КГТУ»; рук. Злыгостев Д.В.; исполн.: Маслюк Е.В. [и др.]. – Калининград, 2016. – 121 с. (на правах рукописи).

113. Веб-сайт «Ship spotting» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=2297963> (дата обращения 14.07.20).

114. Справочник по теории корабля: В трех томах. Том 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители/ Под ред. Я.И. Войткунского. Л.: Судостроение, 1985. 768 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Данные по малому и среднему промышленному флоту в Калининградской области.

Название		МРТК	МРТК-1051	МРТК-0775	МРТК-0726	НЕРВА	ГРАНИТ	МАТРОСОВО	ИЖЕВСКОЕ	ЗАЛЕСЬЕ	РИМ-ФОРС	Марлин	Парусник	Асаной	За Родину
Тип судна		МРТК	МРТК	МРТК	МРТК	МРТК	МРС	МРТР	МРТР	МРТР					
Проект		1328 "Балтика"	Балтика Мод.	Балтика Мод.	Балтика Мод.	Балтика Мод.	КЯ-7010	Карелия	Карелия	Карелия	-	В-410	В-410	Нуbygg 221	15
Дата постройки		1976 - 1990	июн.78	апр.90	ноя.87	авг.79	мар.80	май.77	май.77	сен.79	дек.61	июл.83	июл.83	янв.69	июл.05
Водоизмещение	D, т	174	190	193	182	190	183	329	329	329	356	281	280	309	324
Дедвейт	Dwt, т	30	53	45	37	30	23	81	87	80	99	101,2	101,2	133,4	138,9
Длина габаритная	Lmax, м	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	26,52	31,62	31,62	31,62	30,02	25,8	25,8	26,78	23,8
Длина расчетная	L, м	22	22	22,4	22	22	22,4	29,15	29,15	29,15	25,1	24,25	24,25	24,29	21,35
Ширина габаритная	Bmax, м	7	7	6,8	7	7	6,5	7,33	7,33	7,33	6,53	7,2	7,2	7,5	7,4
Ширина расчетная	B, м	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,5	7,2	7,2	7,2	6,53	7,2	7,2	7,5	7,4
Высота борта	H, м	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,05	3,5	3,5	3,5	3,56	3,49	3,49	3,2	3,75
Осадка	T, м	2,39	2,51	2,54	2,39	2,51	2,32	2,9	2,84	2,9	3,32	3,18	3,18	2,95	3,29
Скорость	V, уз	9,5	10	9,5	9,5	10	10,2	9,5	9,5	9,5	10				
Тип СЭУ, кол-во		Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1	Дизельная, 1
Мощность	Nгд, кВт	221	368	368	221	368	165	224	224	224	559	417	417	441	-
Кол-во ДГ		2	1+1	2	2	2	2	2	2	2	1+1	-	-	-	-
Мощность ДГ	Nдг, кВт	12	28+24	24	12	30	25	64	64	64	28+80	-	-	-	-
Кол-во и объем трюмов	м:3	1x64	1x64	1x64	1x64	1x64	янв.66	1 - 100	1 - 100	1 - 100	-	-	-	-	-
Грузовые люки (размер)	м х м	1,4x1,5	1,4x1,5	1,4x1,5	1,4x1,5	1,4x1,5	1,0x1,4	1,5x1,2	1,5x1,2	1,5x1,2	-	-	-	-	-
Запас топлива	Rтоп, т	12	15	15	15	15	11	36	36	36	-	-	-	-	-
Объем балласта	Rбал, т	0	0	0	0	0	0	24	24	24	-	-	-	-	-
Характеристика снабжения		108	108	108	108	108	97	150	150	150	-	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Статистические данные по уловам в Балтийском море

Таблица Б.1 – Уловы российских судов типа МРТК на судо-сутки лова на пелагическом лове шпрота и сельди в юго-восточной части Балтийского моря в 2006-2015 гг., т

Ме- сяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.
2006	11,6	15,0	10,1	13,6	11,0	7,6	8,4	8,9	7,5	8,9	9,8	11,1	10,3
2007	9,0	12,3	13,3	11,0	9,0	10,0	7,7	8,0	7,3	9,2	10,5	15,3	10,2
2008	12,2	14,7	11,9	9,8	9,8	10,2	7,6	8,6	10,4	7,5	10,3	10,9	10,4
2009	10,8	11,5	14,3	10,2	11,5	9,6	9,7	9,2	9,9	9,0	12,5	14,7	11,0
2010	11,5*	15,1	17,7	13,5	10,0	10,2	11,5	11,8	6,9	9,5	13,2	14,4	12,6
2011	14,2	15,9	18,0	15,7	9,8	10,3	8,3	10,6	15,4*	6,5	13,4	13,4	13,3
2012	14,6	16,8	15,0	9,2	10,4	12,9	10,8	12,2	8,8	9,9	16,1	11,0	12,7
2013	11,8	16,0	12,2	12,8	11,4	8,6	9,6	12,4	14,9	17,0	11,4	16,3	12,4
2014	17,4	15,7	14,2	9,9	11,8	14,6	15,7*	14,4*	10,5*	14,1*	18,6	18,0	14,7
2015	11,9	15,6	13,7	14,6	11,3	13,4*	15,3*	12,8*	13,7*	13,8	17,1	18,9	14,8

*- преобладание в уловах сельди.

Таблица Б.2 – Вылов российских траулеров иностранной постройки на судо-сутки лова на пелагическом лове шпрота и сельди в юго-восточной части Балтийского моря в 2010-2015 гг., т

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.
2010	5,0	10,8	20,7	14,4	-	8,0	16,0	-	-	-	14,4	41,8	20,3
2011	21,7	25,1	28,8	19,5	13,6*	12,0	8,2	9,7	18,8	10,2	22,9	30,0	17,1
2012	30,3	27,9	30,1	21,7	26,5	12,3	11,3	13,9	12,6	24,7	39,3	39,3	25,2
2013	18,7	30,3	23,9	28,7	19,6	-	-	15,8	11,8	16,1*	23,3	38,2	21,7
2014	34,1	26,1	25,8	16,3*	9,3	6,4*	-	-	7,9	14,0	28,0	32,7	20,9
2015	31,5	30,8	23,8	30,4	14,3	16,3	-	-	17,3*	21,1	32,6	48,9	27,1

* - преобладание в уловах сельди.

Таблица Б.3 – Выловы МРТК на судо-сутки лова на донном траловом промысле в юго-восточной части Балтийского моря, т

Год	Месяц												Всего
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2005	2,0*	2,5	1,9	1,1	0,9	1,0	-	1,5*	1,3*	1,2*	1,8*	2,9*	1,64
2006	2,0*	2,3*	1,7	2,6	1,6	1,3	-	1,4*	1,3*	1,1*	1,5*	2,5	1,59
2007	2,0*	2,0*	1,2	1,4	1,3	0,6	0,2	1,6	1,5*	1,3	1,4	2,2	1,39
2008	1,4	1,8	1,4	1,0	1,0	1,0	-	1,1	1,2	1,8	1,7	2,7	1,34
2009	4,8	3,2	1,1	1,5	1,8	1,0	-	1,5*	2,2	4,9	2,4	2,6	2,50
2010	4,3	2,5	2,6	2,8	2,4	2,3	-	-	1,8	2,0	2,9	3,8	2,62
2011	4,4	3,5	2,7	3,1	1,9	1,4	-	4,0	2,6	3,0	2,8	6,1	3,02
2012	5,1	4,4	1,7	1,4	1,6	1,0	-	2,5	2,7	2,5	3,1	3,3	3,00
2013	2,5	4,4*	1,2	1,7	1,6	1,4	-	-	1,9	2,6	3,3	4,5	2,70
2014	3,4	3,1	1,1	1,0	1,8	2,0	-	2,5	2,4	2,2	2,6	3,9	2,43
2015	1,7	3,0*	1,5	2,9	4,0	3,1	-	4,9*	4,5*	5,0	5,3	4,1	4,11

* - преобладание в уловах камбалы.

Таблица Б.4 – Общие допустимые уловы (ОДУ) основных видов рыб в ИЭЗ России в Балтийском море и вылов России (по данным ЗБТУ), тыс. т.

Показатели	Год												
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Шпрот													
ОДУ	47,2	46,0	43,8	39,2	39,5	33,7	30,1	28,0	27,9	39,0	41,0	42,6	
Вылов 26 подрайон	27,9	23,9	20,6	24,0	23,7	18,7	24,4	22,4	22,9	29,7	-	-	
Вылов 32 подрайон	0,3	0,9	0,4	1,2	1,9	0,8	0,7	0,3	0,5	0,9	-	-	
Общий вылов	28,2	24,8	21,0	25,2	25,6	19,4	25,1	22,7	23,4	30,6	-	-	
Реализации ОДУ,%	59,7	52,8	48,4	63,8	64,9	57,8	83,4	81,1	83,8	78,5	-	-	

Продолжение таблицы Б.4

Показатели	Год											
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Сельдь												
ОДУ	12,2	12,3	12,3	16,0	13,4	12,6	14,9	13,9	19,5	27,6	29,1	29,5
Вылов 26 подрайон	5,6	6,1	6,1	8,1	7,1	6,0	10,8	8,8	13,4	16,4	-	-
Вылов 32 подрайон	2,0	2,7	2,5	3,7	2,0	2,3	2,6	1,2	2,4	4,2	-	-
Общий вылов	7,6	8,8	8,6	11,8	9,1	8,3	13,4	10,0	15,8	20,6	-	-
Реализации ОДУ,%	63,1	71,5	69,9	73,7	67,9	65,8	89,7	72,0	81,0	74,6	-	-
Треска												
ОДУ	3,9	3,5	4,0	4,8	4,8	5,5	6,3	7,2	7,5	4,4	5,8	6,1
Вылов	3,7	3,4	3,9	4,5	4,2	5,0	3,9	2,9	3,4	3,8	-	-
Реализации ОДУ,%	95,4	97,2	97,0	94,0	93,4	91,3	62,7	40,3	45,9	86,3	-	-
Камбала												
ОДУ	1,5	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,5
Вылов	1,2	1,3	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	-	-
Реализации ОДУ,%	80,0	81,2	83,4	83,4	83,4	91,7	91,7	91,8	86,0	91,6	-	-

Примечание: вылов сельди в 26 подрайоне включает вылов в Вислинском заливе ставными неводами (ежегодно около 3 тыс.т).

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Гидрометеорологические параметры Балтийского моря

Таблица В.1 – Характеристики ветра по районам в Балтийском море

Период месяц год	Показатель	Район					
		А	Б	В	Г	Д	Е
		Единица измерения					
		м/с	м/с	м/с	м/с	м/с	м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
апр.12	СРЗНАЧ	4,40	6,00	5,40	6,60	8,00	8,40
	МАК	7,00	9,00	10,00	11,00	12,00	11,00
	МИН	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	5,00
май.12	СРЗНАЧ	5,07	5,70	6,43	6,77	6,97	7,30
	МАК	9,00	10,00	10,00	11,00	12,00	12,00
	МИН	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00
июн.12	СРЗНАЧ	5,30	6,50	6,42	7,00	7,43	7,75
	МАК	11,00	19,00	14,00	16,00	16,00	16,00
	МИН	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00
июл.12	СРЗНАЧ	5,43	6,39	6,29	7,02	7,07	7,21
	МАК	13,00	14,00	14,00	15,00	15,00	12,00
	МИН	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
авг.12	СРЗНАЧ	5,55	7,18	6,84	7,73	7,52	8,23
	МАК	12,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
	МИН	1,00	2,00	1,00	3,00	3,00	3,50
сен.12	СРЗНАЧ	6,93	8,24	8,31	8,41	8,90	8,55
	МАК	14,00	13,00	13,00	12,00	13,00	12,00
	МИН	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
окт.12	СРЗНАЧ	7,12	8,63	8,43	8,80	8,87	8,63
	МАК	16,00	16,00	17,00	16,00	18,00	18,00
	МИН	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00
ноя.12	СРЗНАЧ	7,03	8,38	8,28	9,10	9,31	9,21
	МАК	15,00	15,00	16,00	15,00	17,00	15,00
	МИН	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	3,00

Продолжение Таблицы В.1

Период месяц год	Показатель	Район					
		А	Б	В	Г	Д	Е
		Единица измерения					
		м/с	м/с	м/с	м/с	м/с	м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
дек.12	СРЗНАЧ	6,48	8,35	7,84	8,97	8,68	9,23
	МАК	12,00	14,00	14,00	14,00	13,00	14,00
	МИН	3,00	2,00	4,00	3,00	4,00	2,00
январ.13	СРЗНАЧ	6,68	7,84	7,65	8,00	8,06	8,35
	МАК	13,00	13,00	14,00	14,00	13,00	14,00
	МИН	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	4,00
февр.13	СРЗНАЧ	5,84	7,21	6,79	7,46	7,36	7,29
	МАК	13,00	15,00	14,00	15,00	15,00	13,00
	МИН	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	2,00
мар.13	СРЗНАЧ	7,13	7,83	8,43	8,70	9,00	8,73
	МАК	15,00	15,00	15,00	14,00	15,00	14,00
	МИН	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00
апр.13	СРЗНАЧ	6,09	6,93	7,14	7,59	7,93	7,69
	МАК	10,00	12,00	11,00	12,00	12,00	12,00
	МИН	2,50	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00
май.13	СРЗНАЧ	4,98	4,98	5,66	5,20	6,04	6,05
	МАК	7,00	8,00	9,00	9,00	10,00	10,00
	МИН	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00
июн.13	СРЗНАЧ	4,58	5,00	5,58	5,88	6,53	6,73
	МАК	8,00	10,00	10,00	11,00	11,00	11,00
	МИН	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
июл.13	СРЗНАЧ	6,32	6,84	6,73	6,91	6,86	6,77
	МАК	11,00	12,00	11,00	12,00	11,00	12,00
	МИН	2,50	2,00	2,00	2,50	1,50	1,50
авг.13	СРЗНАЧ	5,61	6,42	6,32	6,77	7,10	6,65
	МАК	9,00	14,00	10,00	14,00	14,00	12,00
	МИН	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	2,00
сен.13	СРЗНАЧ	6,71	7,11	7,20	7,23	7,32	7,14
	МАК	16,00	16,00	16,00	16,00	15,00	15,00
	МИН	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
окт.13	СРЗНАЧ	6,07	7,47	7,60	8,23	8,57	8,73
	МАК	10,00	13,00	13,00	17,00	17,00	17,00
	МИН	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00
ноя.13	СРЗНАЧ	7,31	8,38	8,49	9,12	9,49	9,44
	МАК	14,00	14,00	14,00	15,00	16,00	16,00

Окончание Таблицы В.1

Период Меся цгод	Показатель	Район					
		А	Б	В	Г	Д	Е
		Единица измерения					
		м/с	м/с	м/с	м/с	м/с	м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
янв.15	СРЗНАЧ	8,62	9,34	9,55	9,79	10,62	10,17
	МАК	15,00	19,00	19,00	19,00	22,00	20,00
	МИН	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	4,00
фев.15	СРЗНАЧ	7,14	7,36	7,71	7,86	8,50	8,64
	МАК	15,00	15,00	15,00	15,00	16,00	15,00
	МИН	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
мар.15	СРЗНАЧ	6,29	6,84	6,89	7,29	7,55	7,55
	МАК	11,00	13,00	14,00	14,00	13,00	13,00
	МИН	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
апр.15	СРЗНАЧ	7,35	7,52	7,83	7,90	7,77	7,88
	МАК	14,00	14,00	14,00	16,00	14,00	14,00
	МИН	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00

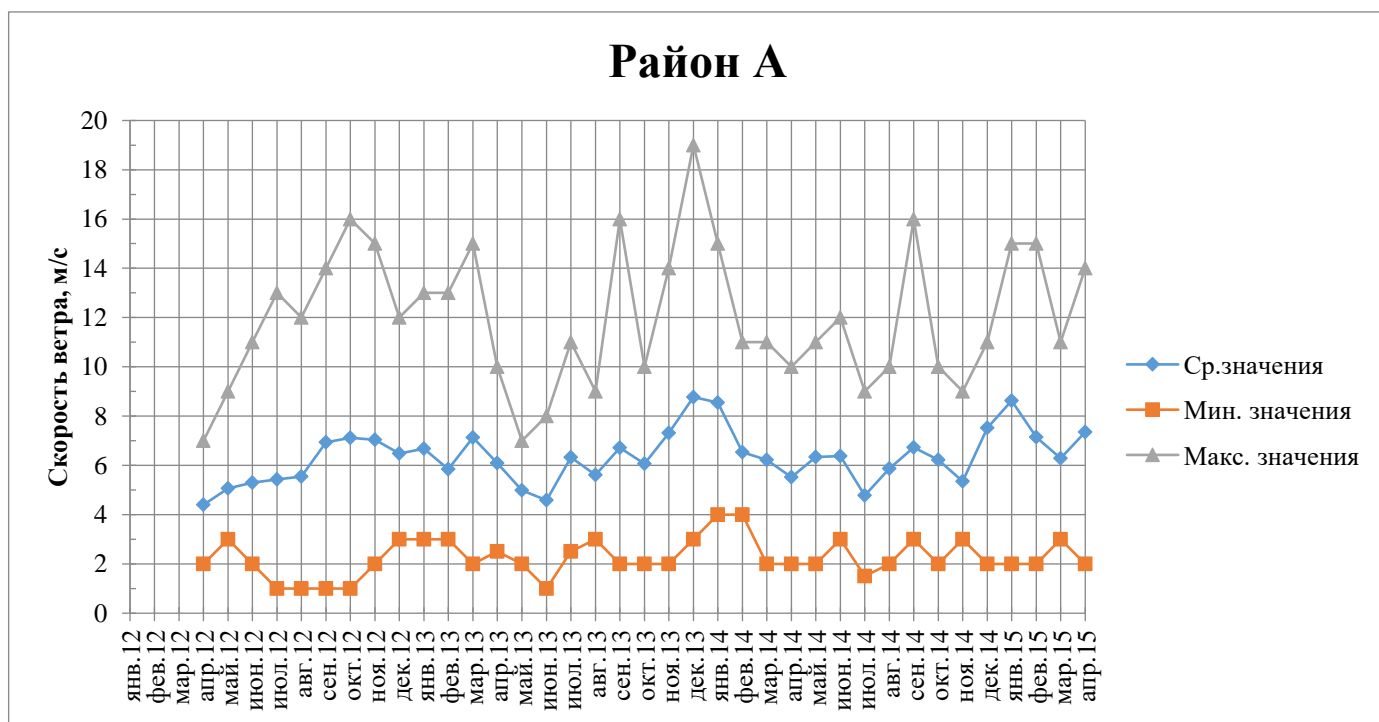


Рисунок В.1 – График распределения скоростей ветра по месяцам в районе А

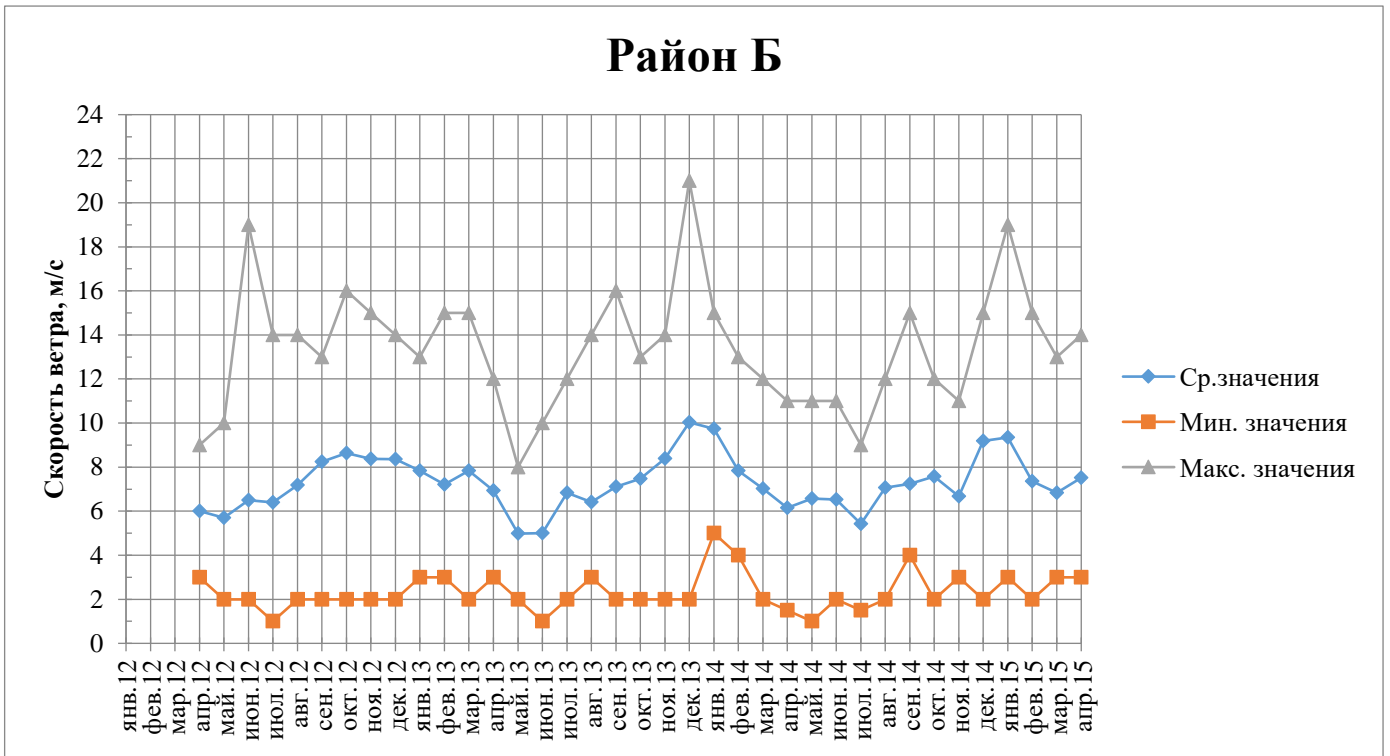


Рисунок В.2 – График распределения скоростей ветра по месяцам в районе Б

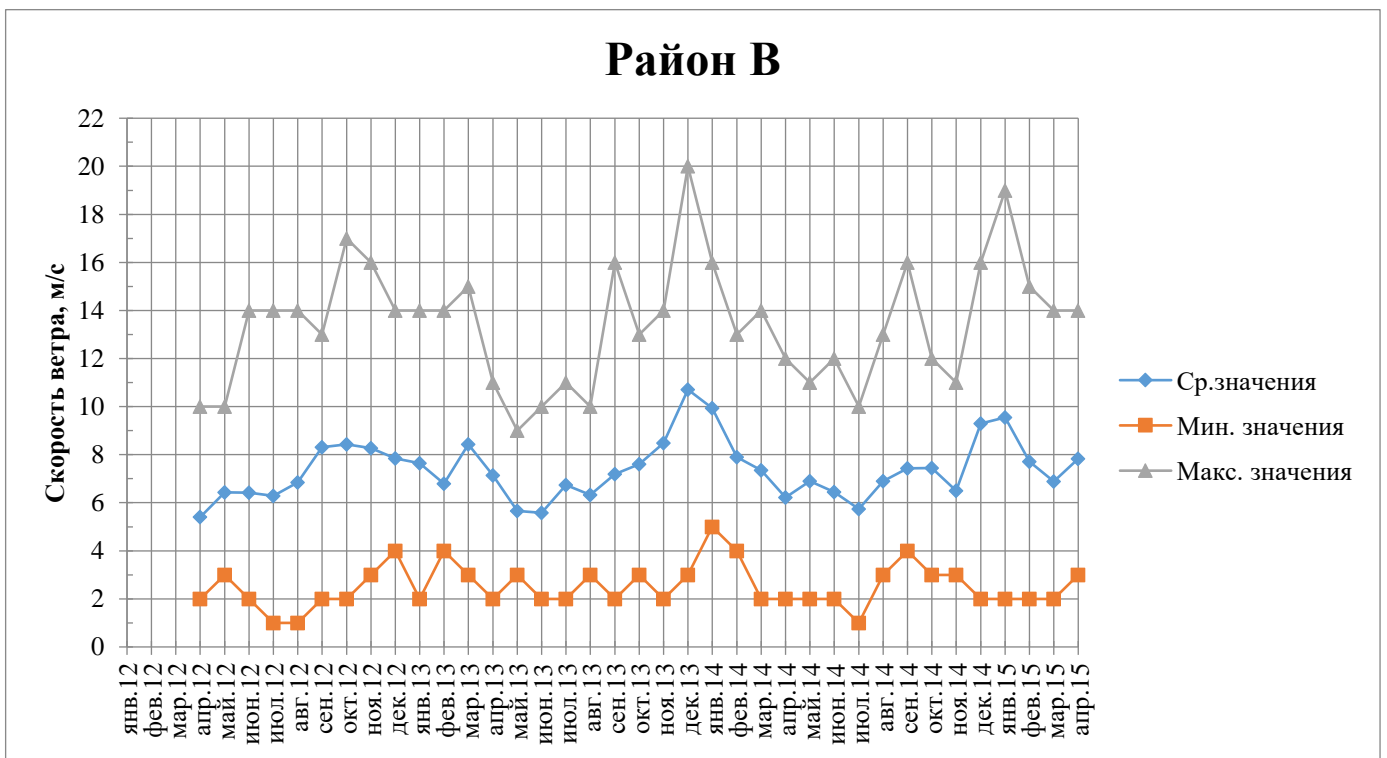


Рисунок В.3 – График распределения скоростей ветра по месяцам в районе В

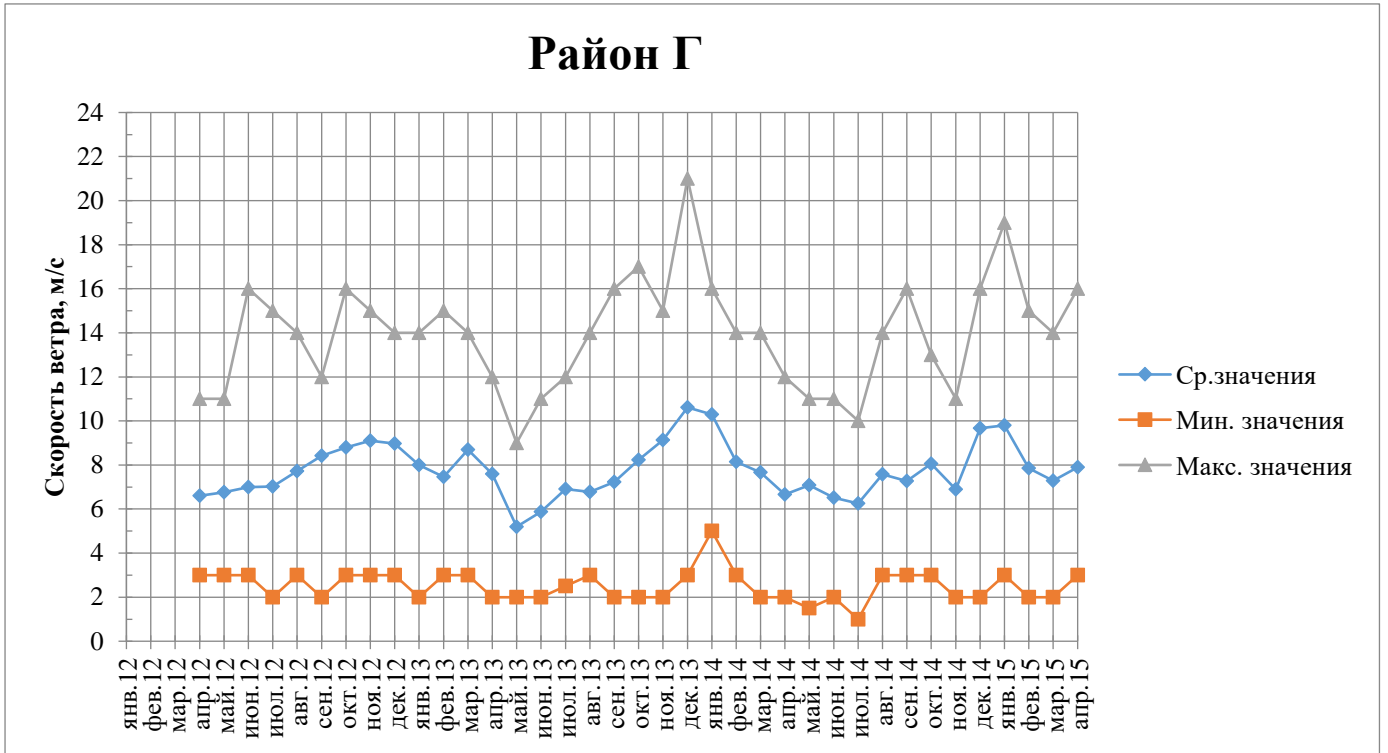


Рисунок В.4 – График распределения скоростей ветра по месяцам в районе Г

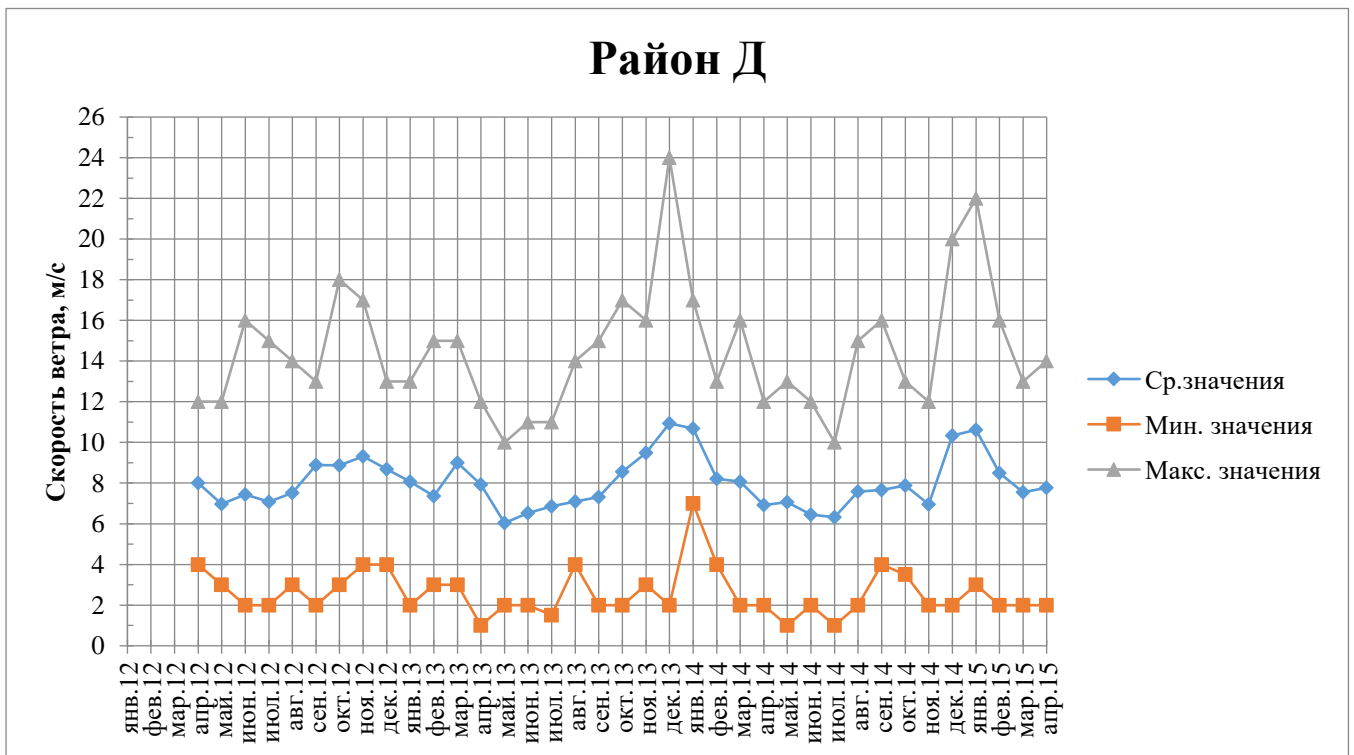


Рисунок В.5 – График распределения скоростей ветра по месяцам в районе Д

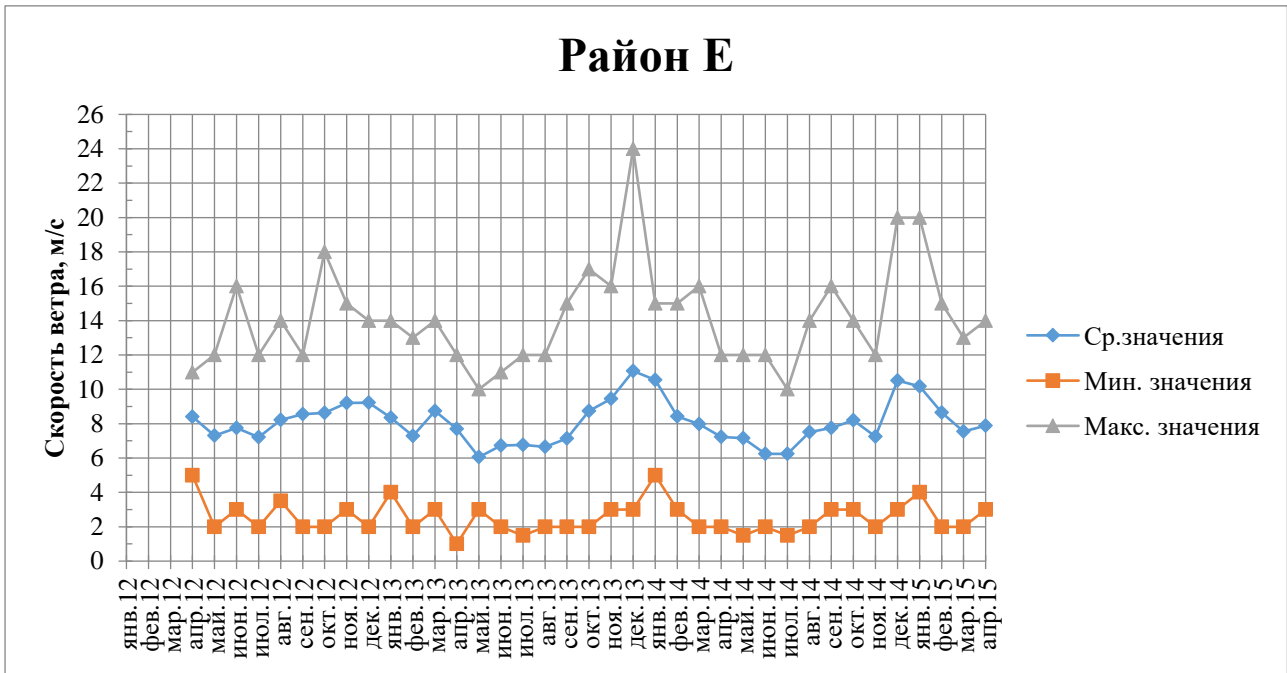


Рисунок В.6 – График распределения скоростей ветра по месяцам в районе Е

Таблица В.2 – Характеристики волнения в Балтийском море по районам

Период	Показатель	Зона (t=6:00)						Зона (t=12:00)					
		А	Б	В	Г	Д	Е	А	Б	В	Г	Д	Е
		Единица измерения											
1	2	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
май.13	СРЗНАЧ	0,48	0,45	0,52	0,50	0,67	0,67	0,51	0,46	0,60	0,57	0,65	0,66
	МАК	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
июн.13	СРЗНАЧ	0,48	0,57	0,56	0,60	0,58	0,66	0,48	0,54	0,56	0,56	0,67	0,64
	МАК	1,25	1,25	1,25	1,25	1,50	1,50	1,25	1,25	1,50	1,50	2,00	2,00
июл.13	СРЗНАЧ	0,75	0,88	0,83	0,89	0,87	0,86	0,76	0,88	0,88	0,85	0,84	0,82
	МАК	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
авг.13	СРЗНАЧ	0,52	0,64	0,72	0,71	0,69	0,72	0,57	0,66	0,70	0,73	0,71	0,69
	МАК	1,25	1,50	2,00	2,00	2,00	1,50	1,25	1,50	2,00	2,00	2,50	1,50
сент.13	СРЗНАЧ	1,01	1,07	1,12	1,13	1,11	1,10	0,95	1,04	1,04	1,08	1,03	1,08
	МАК	3,50	4,50	3,50	4,50	3,50	3,50	2,50	3,50	3,00	3,50	2,50	3,50
окт.13	СРЗНАЧ	0,70	0,86	0,90	1,03	1,04	1,11	0,71	0,86	0,97	1,10	1,21	1,09
	МАК	2,00	3,00	3,50	3,50	3,50	4,50	2,50	3,00	2,50	3,50	3,50	3,00

Продолжение таблицы В.2

Период	Показатель	Зона (t=6:00)						Зона (t=12:00)					
		А	Б	В	Г	Д	Е	А	Б	В	Г	Д	Е
		Единица измерения											
		м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м
1	2	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
ноя.13	СРЗНАЧ	0,92	1,11	1,22	1,38	1,34	1,46	1,08	1,31	1,37	1,50	1,47	1,45
	МАК	2,50	2,50	3,50	3,50	3,00	3,50	3,50	4,50	4,50	4,50	3,50	4,00
дек.13	СРЗНАЧ	1,48	1,74	1,93	2,06	1,84	2,04	1,45	1,68	1,84	1,96	1,94	2,02
	МАК	5,50	6,00	6,50	6,50	7,00	7,00	5,50	6,00	7,00	6,50	6,50	5,50
январ.14	СРЗНАЧ	1,19	1,29	1,49	1,60	1,80	1,81	1,18	1,30	1,54	1,57	1,80	1,80
	МАК	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,50	5,50	5,50	5,50	4,50	4,50
фев.14	СРЗНАЧ	0,68	0,75	0,92	1,03	1,08	1,17	0,69	0,77	0,97	1,06	1,15	1,17
	МАК	1,50	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50	1,50	1,50	2,50	2,50	2,50	2,50
мар.14	СРЗНАЧ	0,75	0,90	0,91	0,99	1,04	1,08	0,84	0,94	1,02	0,98	1,06	1,08
	МАК	2,50	3,00	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
апр.14	СРЗНАЧ	0,53	0,58	0,64	0,67	0,73	0,77	0,50	0,52	0,64	0,65	0,73	0,68
	МАК	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,50	1,25	1,50	1,50
май.14	СРЗНАЧ	0,62	0,65	0,74	0,75	0,74	0,74	0,65	0,71	0,78	0,76	0,83	0,81
	МАК	2,50	1,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50
июн.14	СРЗНАЧ	0,68	0,72	0,70	0,70	0,68	0,68	0,66	0,74	0,79	0,81	0,73	0,70
	МАК	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50
июл.14	СРЗНАЧ	0,51	0,59	0,63	0,62	0,68	0,66	0,52	0,54	0,64	0,61	0,69	0,59
	МАК	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
авг.14	СРЗНАЧ	0,74	0,86	0,90	1,10	0,97	1,10	0,70	0,90	0,90	1,04	1,07	1,05
	МАК	1,50	2,00	3,00	3,50	3,50	3,50	1,50	2,50	2,50	3,50	3,50	3,50
сен.14	СРЗНАЧ	0,73	0,82	0,95	0,93	0,98	0,93	0,73	0,79	0,88	0,89	0,93	0,95
	МАК	4,00	4,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	3,50	4,50
окт.14	СРЗНАЧ	0,65	0,83	0,85	1,00	1,10	1,14	0,68	0,81	0,90	1,04	1,09	1,19
	МАК	2,00	2,50	1,50	2,50	2,50	2,50	1,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
ноя.14	СРЗНАЧ	0,55	0,64	0,79	0,83	1,03	1,05	0,61	0,72	0,90	0,96	1,05	1,10
	МАК	1,00	1,50	1,50	1,50	2,50	2,50	1,50	1,50	2,50	2,50	3,00	3,00
дек.14	СРЗНАЧ	1,04	1,30	1,44	1,62	1,59	1,77	1,06	1,33	1,78	1,14	1,57	1,65
	МАК	2,50	3,50	3,50	4,50	4,50	6,00	2,50	3,00	12,0	2,50	3,50	3,50
январ.15	СРЗНАЧ	1,36	1,62	1,75	1,84	1,85	1,98	1,35	1,54	1,66	1,85	1,85	1,96
	МАК	5,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	5,50	6,00	6,50	6,50	6,00	6,50
фев.15	СРЗНАЧ	1,01	1,13	1,32	1,38	1,33	1,42	1,02	1,20	1,29	1,36	1,39	1,47
	МАК	4,50	4,50	5,00	5,00	5,50	5,50	5,00	5,00	5,50	5,50	5,50	5,50
мар.15	СРЗНАЧ	0,69	0,80	0,90	0,98	0,99	1,01	0,66	0,80	0,92	0,90	1,01	1,02
	МАК	2,50	3,00	3,50	3,50	2,50	2,50	2,00	3,00	3,50	3,50	2,50	2,50
апр.15	СРЗНАЧ	1,03	1,06	1,10	1,12	1,10	1,04	0,96	1,13	1,19	1,19	1,12	1,13
	МАК	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,00	2,50	2,50	3,00	2,50	3,50
май.15	СРЗНАЧ	0,62	0,68	0,71	0,82	0,76	0,88	0,57	0,78	0,77	0,85	0,81	0,88
	МАК	1,50	2,00	2,00	2,50	1,50	2,50	1,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50

Продолжение таблицы В.2

Период	Показатель	Зона (t=18:00)					
		А	Б	В	Г	Д	Е
		Единица измерения					
		м	м	м	м	м	м
1	2	3	4	5	6	7	8
май.13	СРЗНАЧ	0,52	0,51	0,66	0,56	0,64	0,67
	МАК	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,25
июн.13	СРЗНАЧ	0,58	0,58	0,63	0,67	0,68	0,68
	МАК	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
июл.13	СРЗНАЧ	0,79	0,88	0,89	0,91	0,84	0,87
	МАК	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
авг.13	СРЗНАЧ	0,59	0,68	0,69	0,74	0,76	0,80
	МАК	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
сен.13	СРЗНАЧ	0,99	1,06	1,10	1,08	1,11	1,08
	МАК	3,50	3,50	3,50	3,50	3,00	3,50
окт.13	СРЗНАЧ	0,85	0,99	1,11	1,19	1,20	1,17
	МАК	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,00
ноя.13	СРЗНАЧ	1,02	1,23	1,31	1,43	1,44	1,47
	МАК	4,00	4,50	4,50	4,50	4,00	4,50
дек.13	СРЗНАЧ	1,48	1,62	1,82	1,90	1,94	2,00
	МАК	5,50	5,00	5,50	5,00	5,50	5,00
январ.14	СРЗНАЧ	1,27	1,35	1,65	1,65	1,94	1,91
	МАК	3,50	4,00	3,50	4,00	3,50	4,50
февр.14	СРЗНАЧ	0,66	0,79	1,00	1,03	1,15	1,31
	МАК	1,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,50
мар.14	СРЗНАЧ	0,85	0,94	0,95	1,08	1,07	1,16
	МАК	3,50	4,50	3,50	4,50	3,50	4,00
апр.14	СРЗНАЧ	0,59	0,58	0,71	0,70	0,78	0,73
	МАК	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
май.14	СРЗНАЧ	0,68	0,80	0,78	0,83	0,81	0,83
	МАК	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
июн.14	СРЗНАЧ	0,68	0,76	0,81	0,80	0,79	0,82
	МАК	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
июл.14	СРЗНАЧ	0,60	0,63	0,66	0,66	0,74	0,67
	МАК	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
авг.14	СРЗНАЧ	0,72	0,90	1,02	1,01	1,11	1,13
	МАК	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	4,50
сен.14	СРЗНАЧ	0,75	0,83	0,92	0,92	0,98	0,91
	МАК	3,50	3,50	3,50	3,50	2,50	3,50
	МИН	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
окт.14	СРЗНАЧ	0,73	0,79	0,95	1,00	1,12	1,15
	МАК	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50

Продолжение таблицы В.2

Период	Показатель	Зона (t=18:00)					
		А	Б	В	Г	Д	Е
		Единица измерения					
		м	м	м	м	м	м
1	2	3	4	5	6	7	8
ноя.14	СРЗНАЧ	0,66	0,75	0,95	1,03	1,15	1,21
	МАК	1,50	1,50	2,50	2,50	2,50	3,00
дек.14	СРЗНАЧ	1,09	1,28	1,31	1,52	1,52	1,68
	МАК	2,50	3,00	3,00	3,50	3,50	4,50
январ.15	СРЗНАЧ	1,38	1,60	1,78	1,81	1,93	2,00
	МАК	4,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
февр.15	СРЗНАЧ	1,02	1,13	1,22	1,36	1,87	1,49
	МАК	4,50	4,50	4,50	4,50	1,50	4,50
мар.15	СРЗНАЧ	0,82	0,94	1,06	1,07	1,19	1,20
	МАК	2,50	3,00	3,50	3,50	3,50	3,50
апр.15	СРЗНАЧ	0,96	1,09	1,07	1,11	1,08	1,11
	МАК	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
май.15	СРЗНАЧ	0,51	0,67	0,71	0,85	0,77	0,89
	МАК	1,50	2,50	2,50	3,50	2,50	2,50

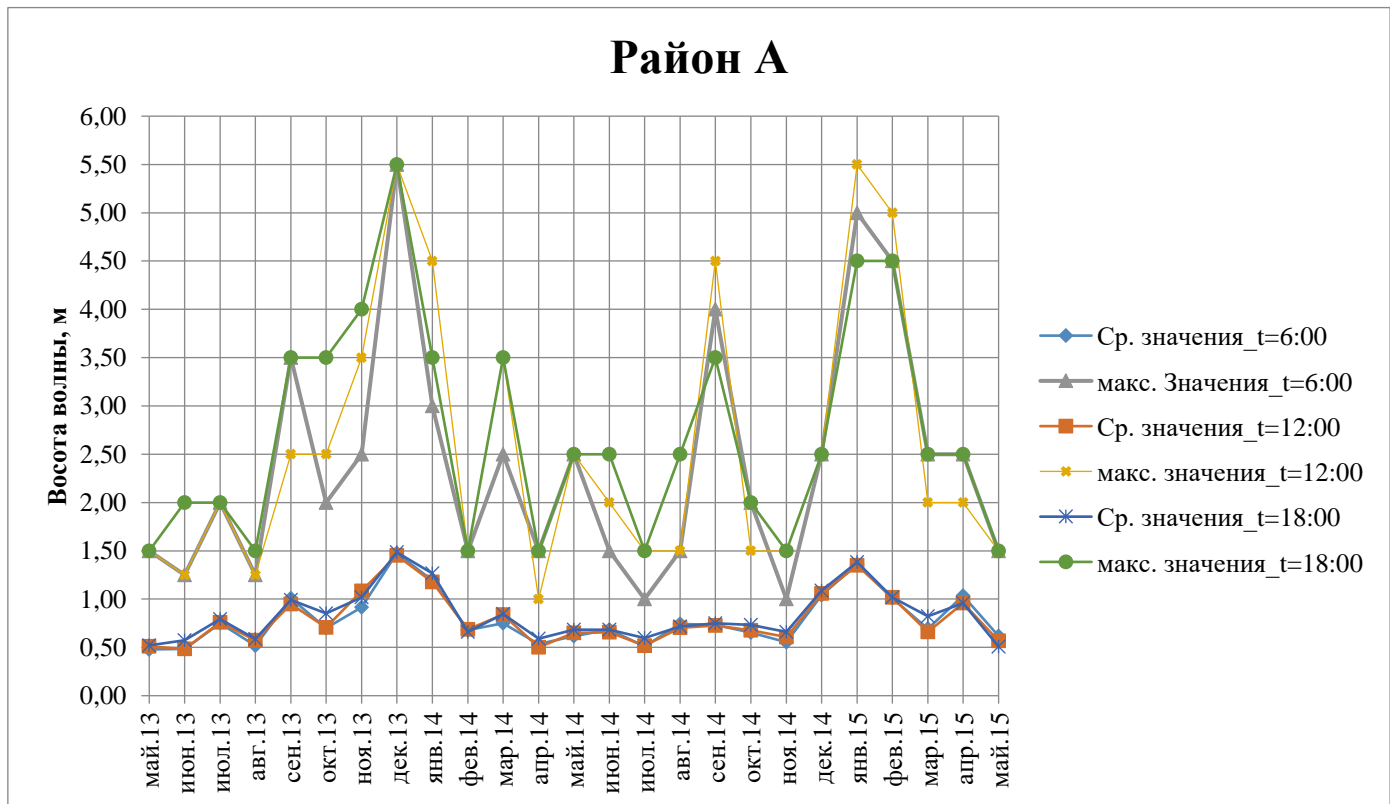


Рисунок В.7 – График распределения высоты волнения по месяцам в районе А

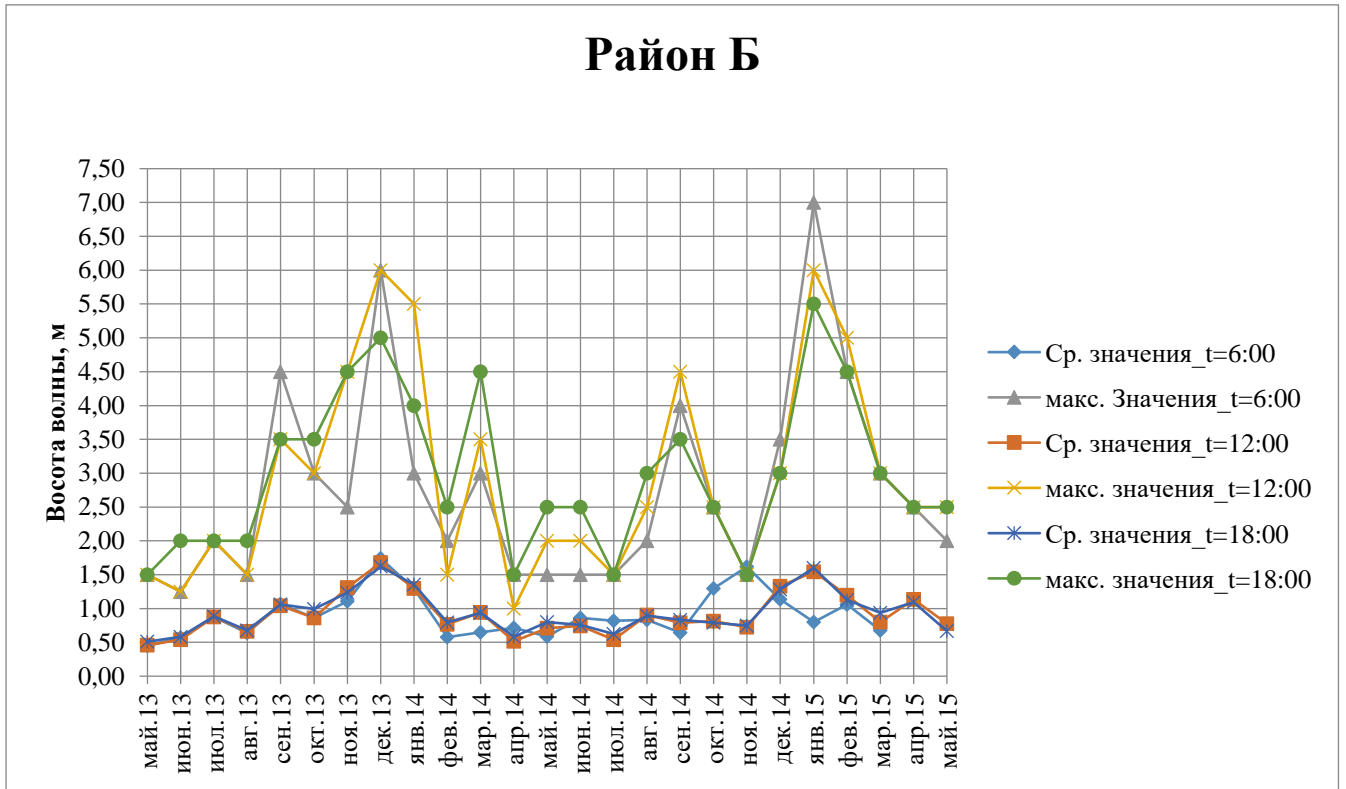


Рисунок В.8 – График распределения высоты волнения по месяцам в районе Б

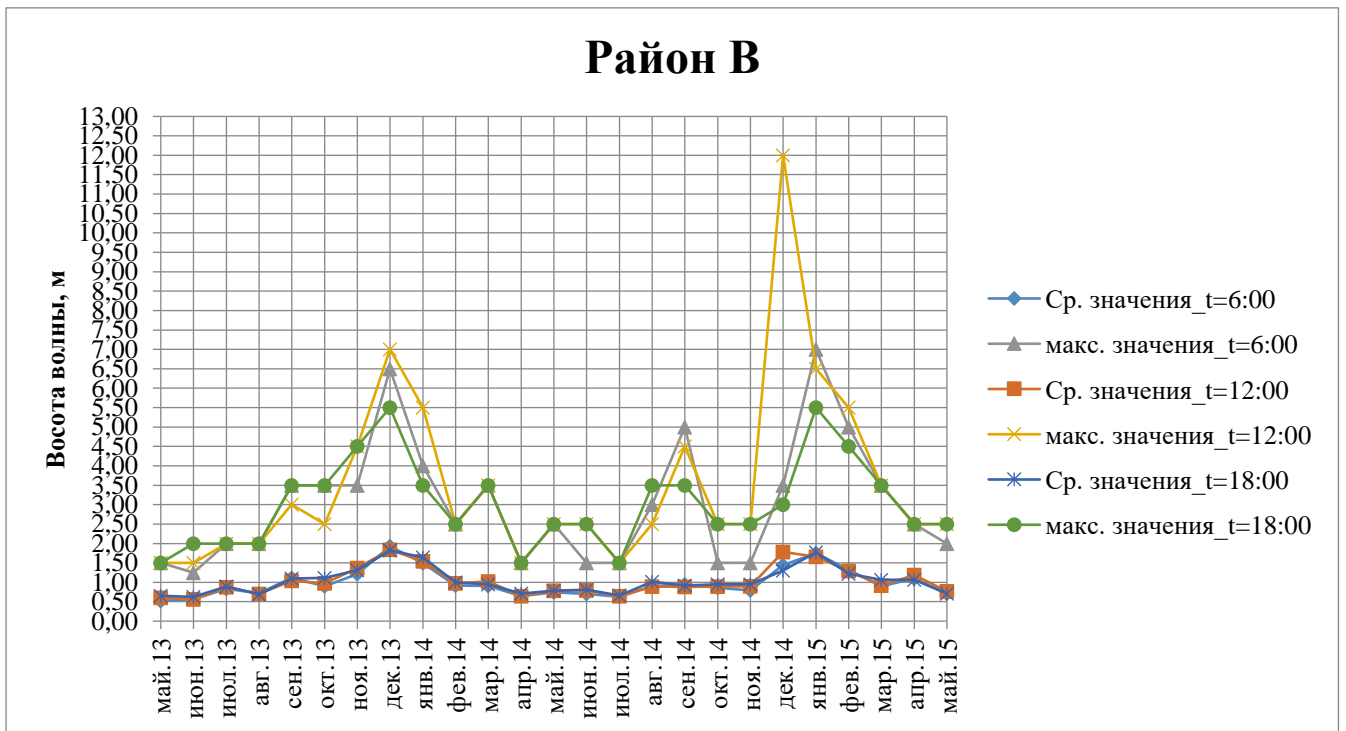


Рисунок В.9 – График распределения высоты волнения по месяцам в районе В

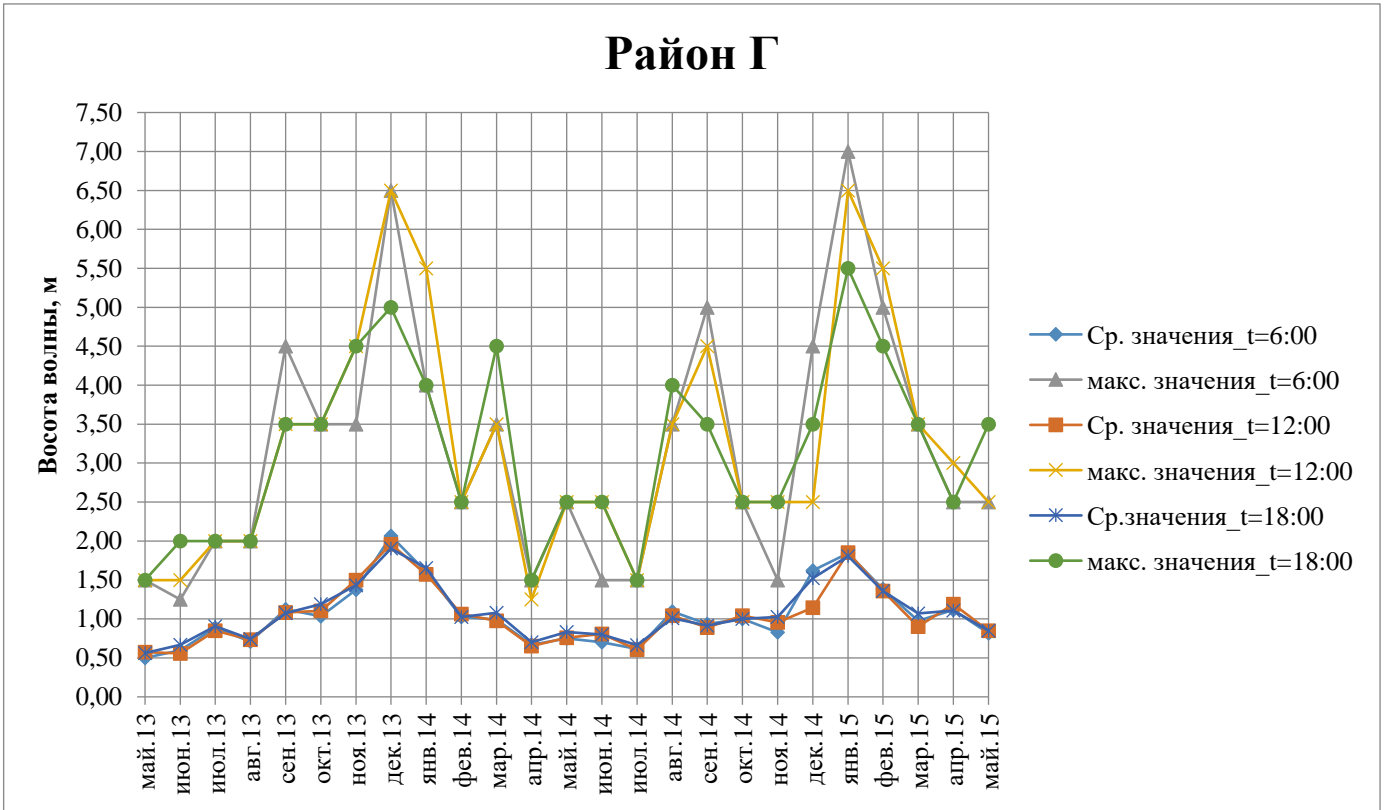


Рисунок В.10 – График распределения высоты волнения по месяцам в районе Г

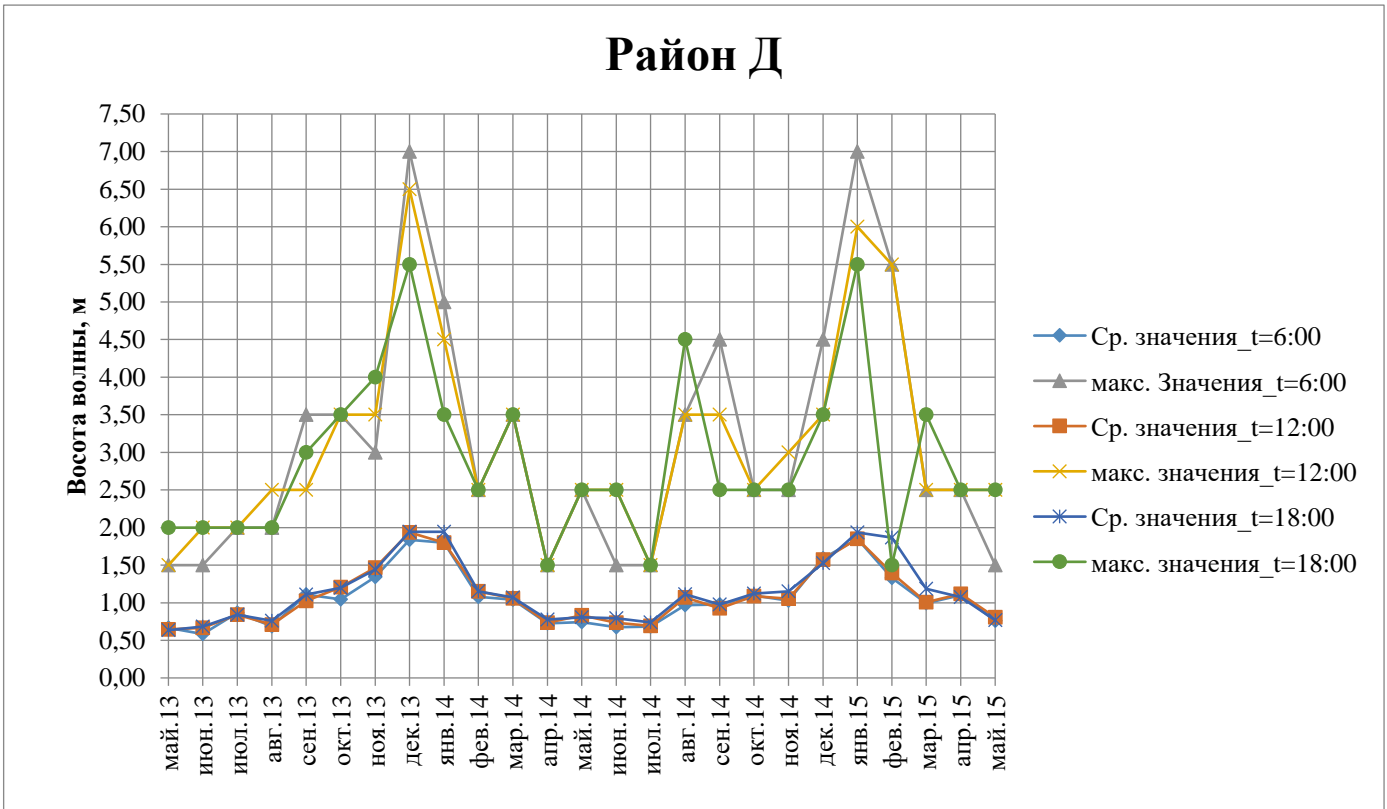


Рисунок В.11 – График распределения высоты волнения по месяцам в районе Д

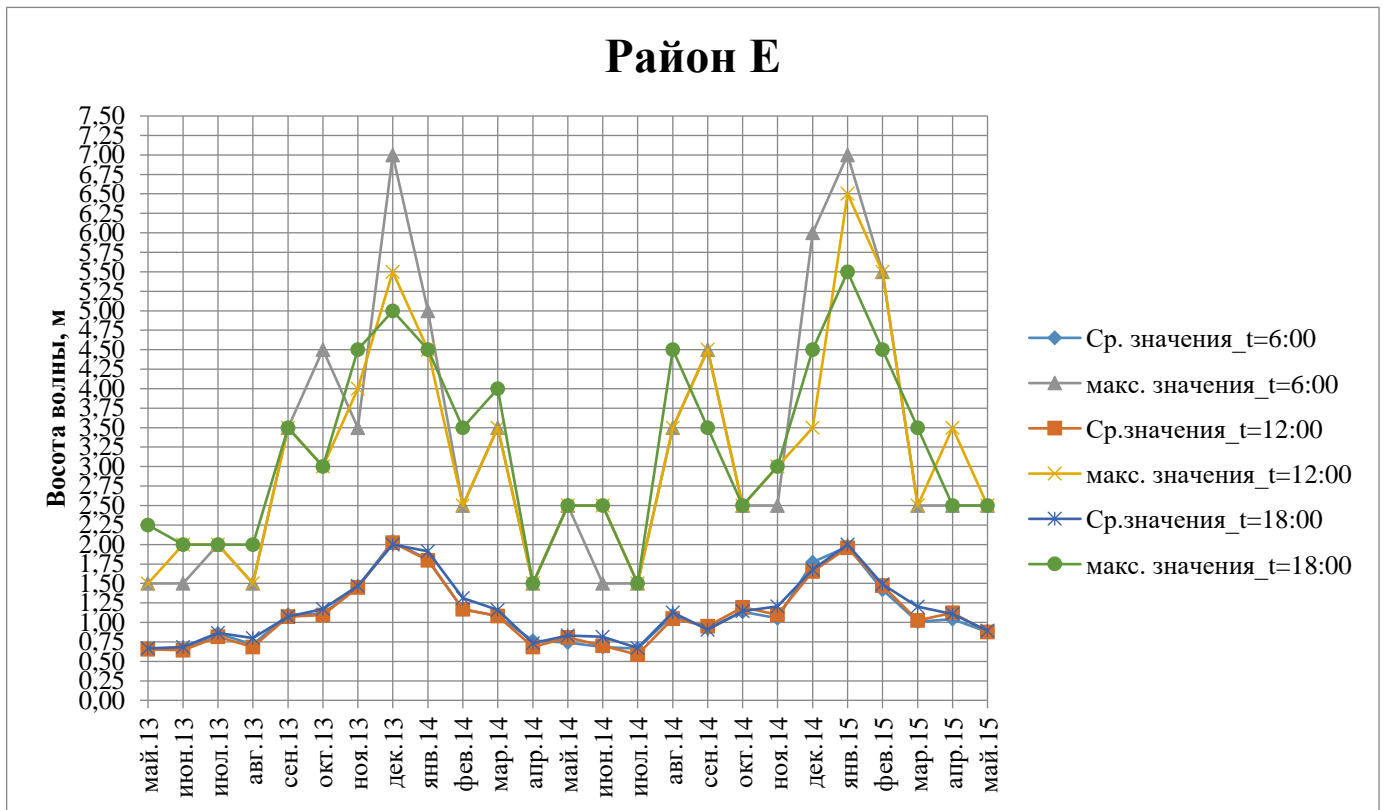


Рисунок В.12 – График распределения высоты волнения по месяцам в районе Е

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

Суда-прототипы, рекомендованные рыбопромышленными организациями
Калининградской области

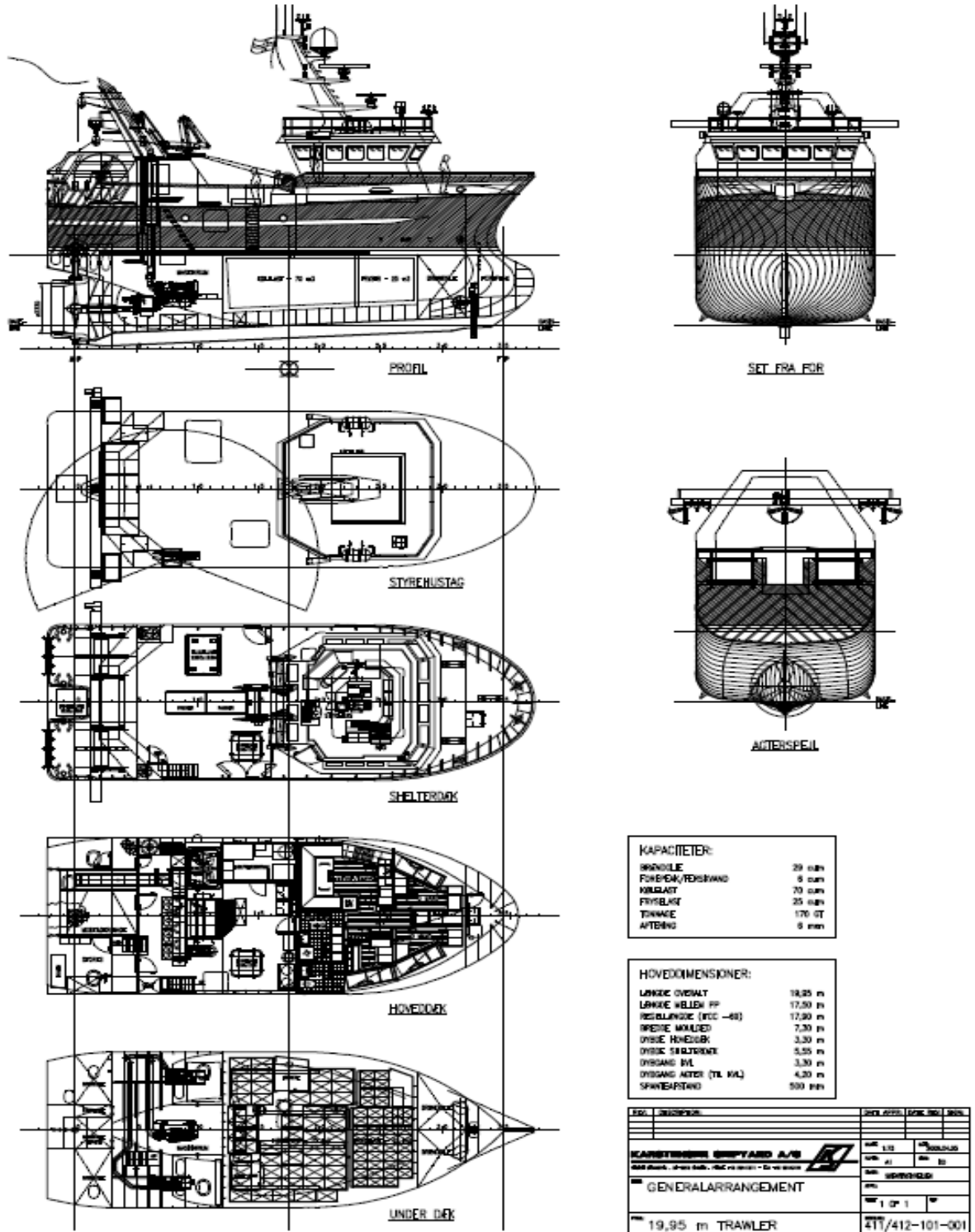


Рисунок Г.1 – Малый норвежский рыболовный траулер с максимальной длиной 19,95 м.

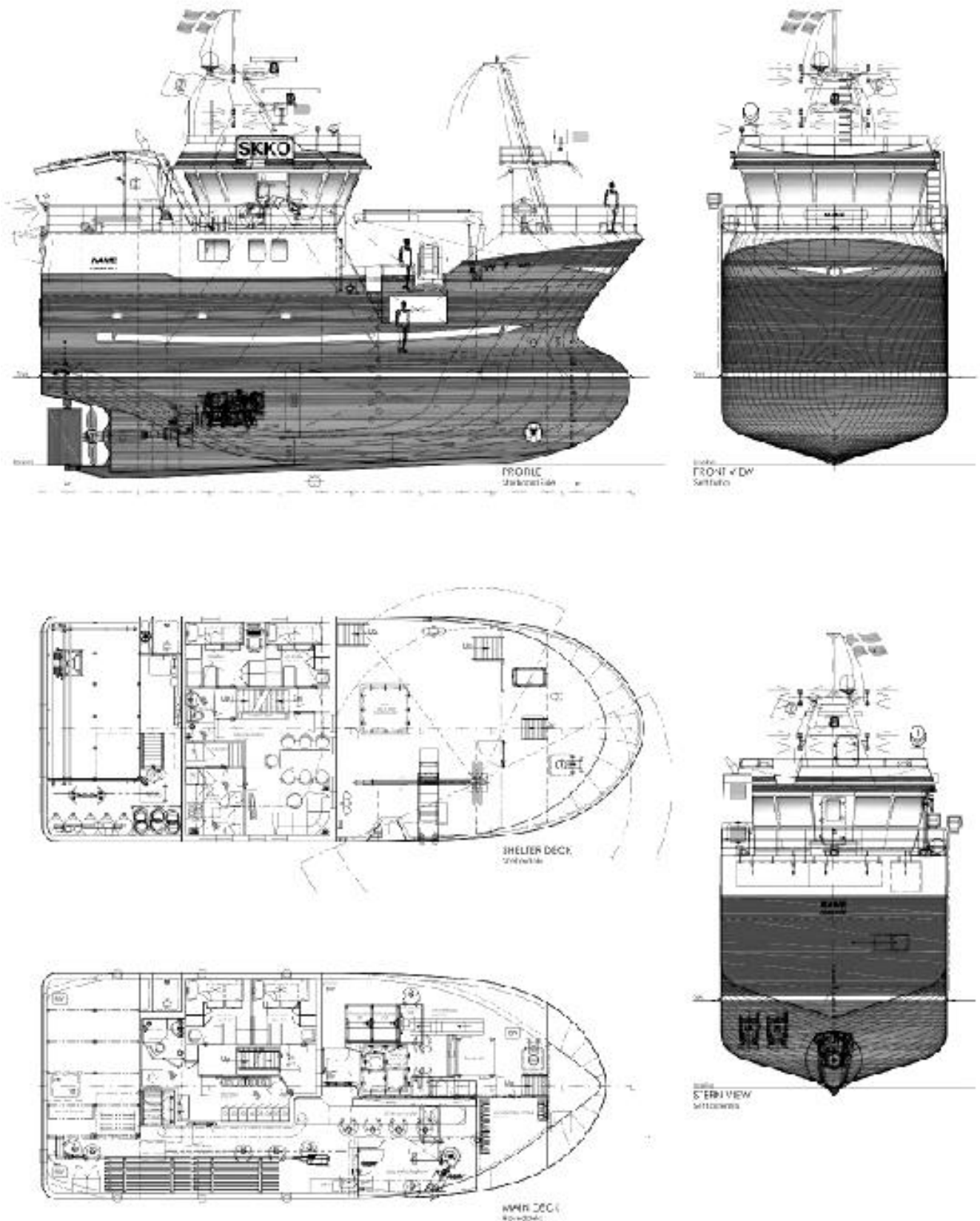


Рисунок Г.2 – Малое норвежское судно ярусного лова повышенной мореходности типа SK-3200

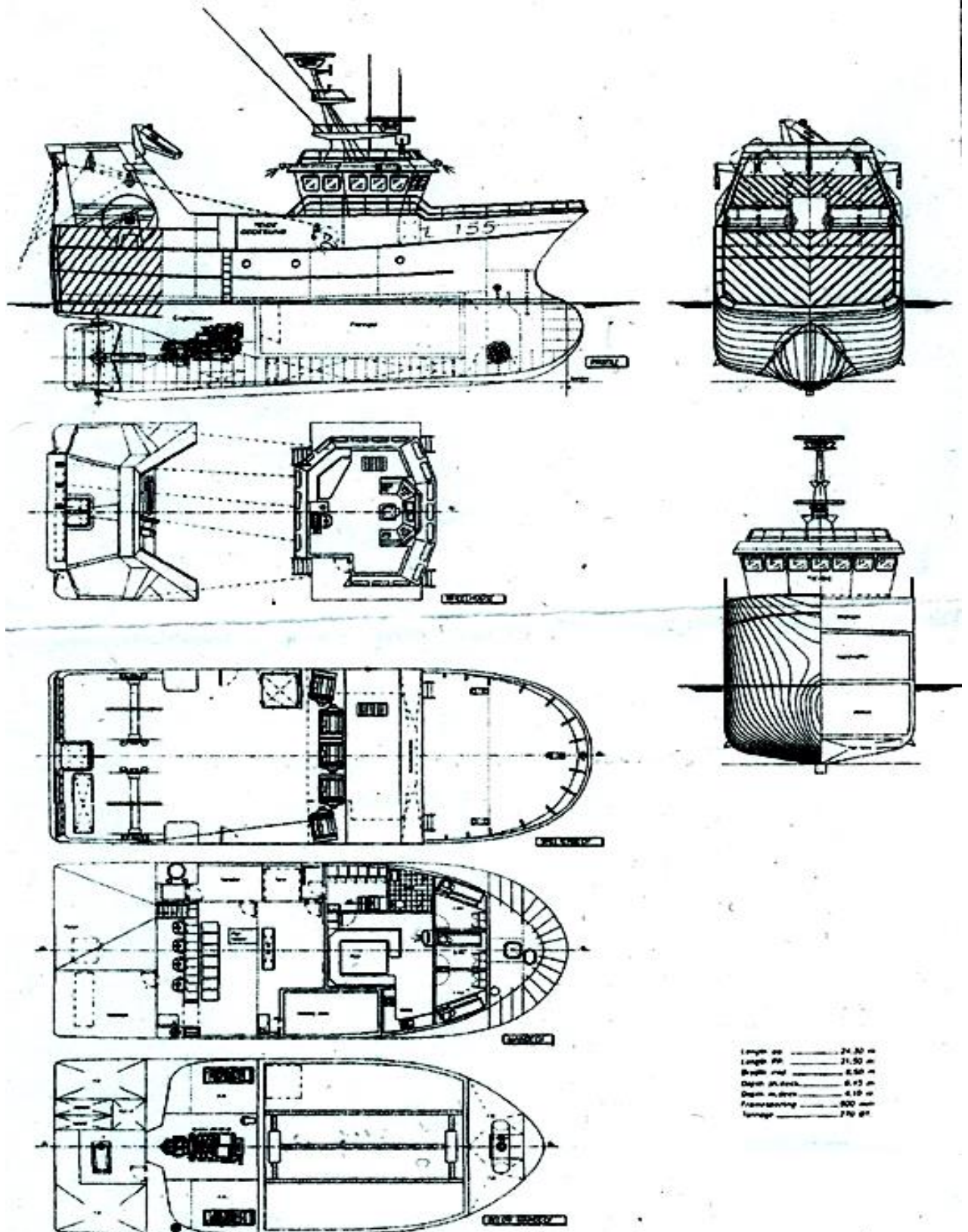


Рисунок Г.3 – Малый рыболовный траулер компании Vestværflet с максимальной длиной корпуса 24,3 м

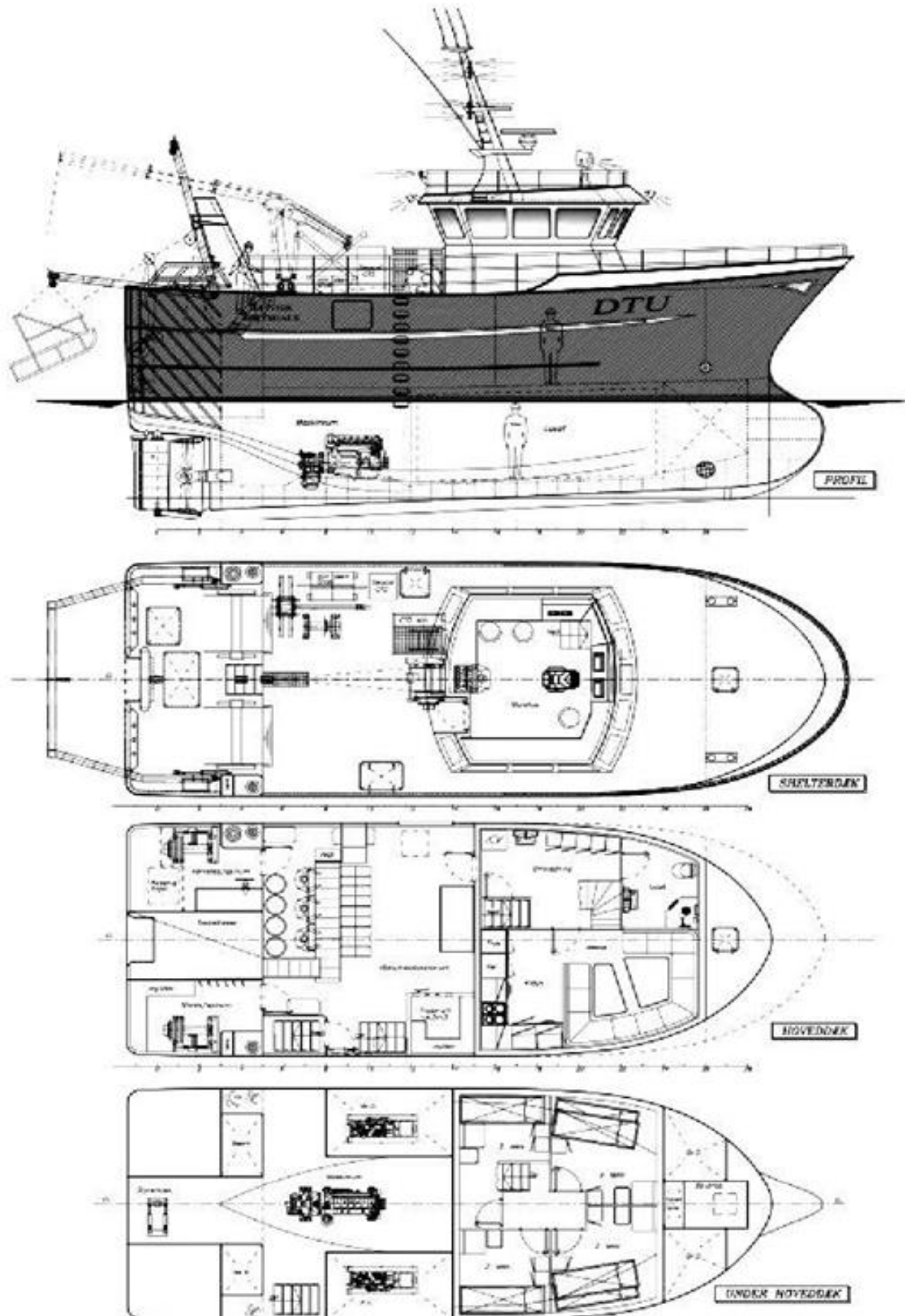


Рисунок Г.4 – Малый рыболовный траулер компании Vestværftet с максимальной длиной корпуса 17,24 м.

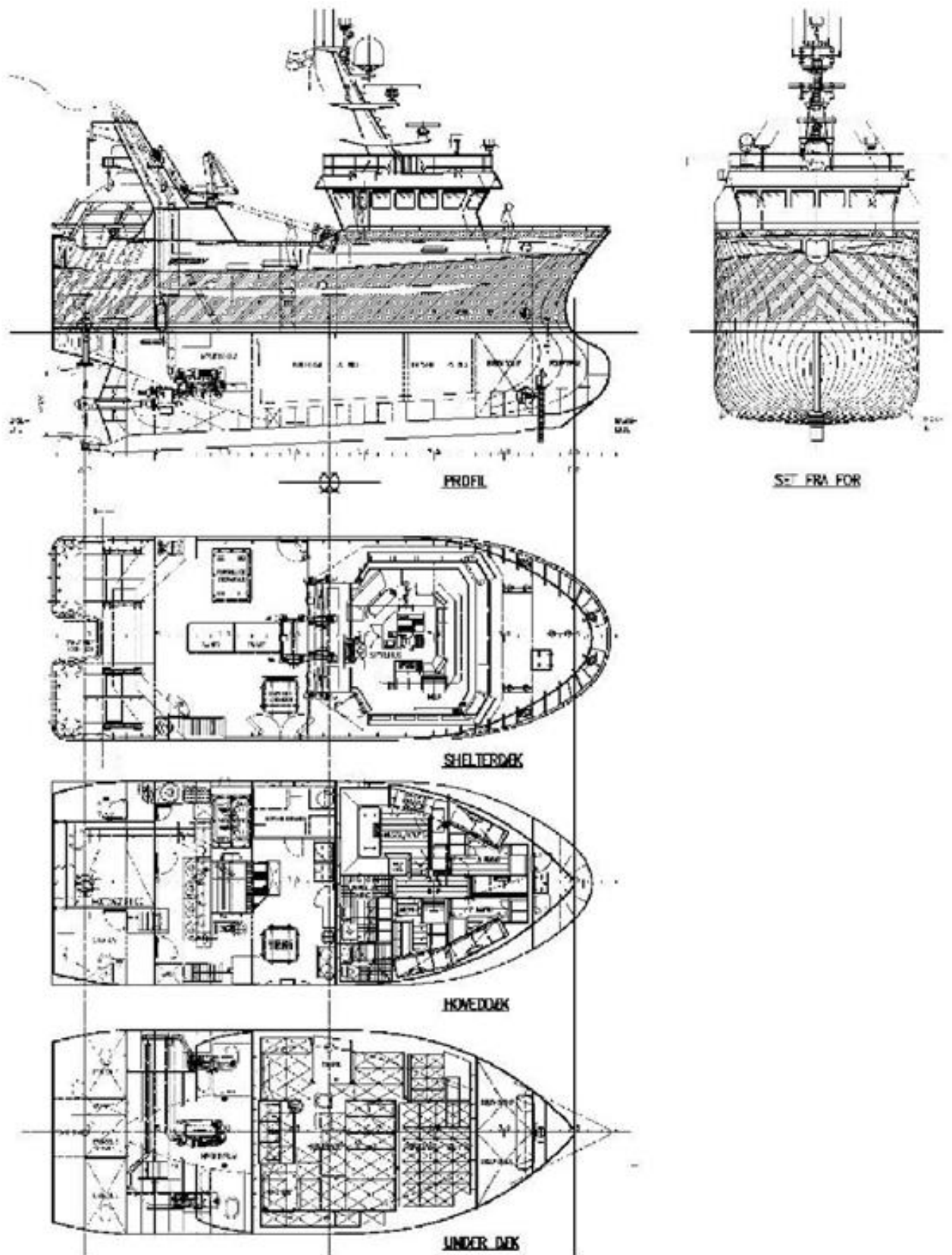


Рисунок Г.5 – Общее расположение МРТК типа «CarpeDiem»

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)

Особенности архитектурно-конструктивного исполнения современных судов иностранной постройки, рекомендованных рыбопромышленными организациями Калининградской области

- Практически все суда имеют одинаковый архитектурно-конструктивный тип со средней или несколько смещенной в нос или в корму рубкой;
- все суда стальные сварные, лишь у двух судов рубка выполнена из легких сплавов;
- на всех судах стремятся минимизировать по длине машинные отделения, расположенные в кормовой части корпуса;
- на всех судах главный двигатель представляет собой дизель-редукторный агрегат (ДРА), работающий через понижающий, вертикально расположенный редуктор на один гребной винт;
- в составе судовой энергетической установки, как правило, один малогабаритный главный дизель и два дизель-генератора;
- практически все МРТК и МРЯ (малые рыболовные ярусники), имеют малошумные винты регулируемого шага (ВРШ) большого диаметра;
- подавляющее число судов имеют в качестве рулевого органа поворотную направляющую насадку (ПНН) и, как правило, с механически поворотным стабилизатором;
- используемые на судах рулевые машины - малогабаритные с поршневым гидроприводом;
- ходовые рубки на судах иностранной постройки спроектированы объединенными промыслово-ходовыми с избыточной кубатурой и возможностью выполнения функций кают-компаний и даже по приёму горячих напитков;
- рассматриваемые малые рыболовные траулеры имеют двух палубную архитектуру, или удлиненную баковую надстройку, но в корме имеется промысловая палуба или платформа;

- практически все суда имеют носовой бульб;
- все суда приспособлены для перевозки рыбы наливом и имеют систему RSW или имеют ещё и рефрижераторный трюм. Трюма располагаются в средней части судна;
 - количество коечных мест на малых добывающих судах превышает на 2 – 4 места численность экипажа, т.е. суда приспособлены для размещения моряков-практикантов;
 - большинство даже малых двухпалубных добывающих судов – это суда универсального назначения, т. е. кроме тралового лова могут работать ещё и с ярусом, ловушками, с кошельковым неводом, дрефтером;
 - практически все суда не имеют слипов и не поднимают тралы на судно, а выливают уловы с помощью погружных рыбонасосов, подсоединяемых к задней части кутка тралов, или поднимают только куток трала на борт при выливке улова на донном тралении;
 - практически на всех судах используется единая система гидропривода силовыми и промысловыми механизмами;
 - улов подвергается минимальной обработке только при использовании донных тралов или на ярусном лове;
 - в качестве грузового устройства используются, как правило, гидравлические краны с большим вылетом стрелы.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)
Акт внедрения



АКТ

о внедрении (использовании) результатов диссертационной работы заместителя
директора научно-исследовательского центра судостроения Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО
«КГТУ») Чуреева Евгения Андреевича

Мы, нижеподписавшиеся, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «КГТУ» кандидат физико-математических наук, доцент Кострикова Н.А., начальник управления научно-исследовательской деятельности (УНИД) ФГБОУ ВО «КГТУ» кандидат экономических наук, доцент Поляков Р.К., составили настоящий акт о том, что научные результаты диссертационной работы Чуреева Е.А. на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.18 – «Проектирование и конструкция судов» обладают научной новизной и практической значимостью.

Результаты диссертации «Разработка концепции и технико-экономическое обоснование характеристик универсального рыболовного траулера для прибрежного рыболовства в Балтийском море», а именно:

- аванпроект малого рыболовного судна, соответствующий требованиям Правил Регистра, который может быть использован в качестве судна-прототипа при разработке судов подобного класса и назначения;
- аналитические зависимости – уравнения проектирования, необходимые для определения основных элементов малых рыболовных судов;

получены и апробированы при выполнении ОКР «Разработка концептуального

проекта модернизации маломерного рыболовного траулера по типу пр. 1328 («Балтика»), для Северо-Западного региона России, с возможностью использования функций прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений», шифр «Балтика – КГТУ» (№ регистрации организации №16-48.2), в рамках договора №К/1000005-00517/16/2 от 25.11.2016 года, заключенным между ФГБОУ ВО «КГТУ» и ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

Указанные результаты в дальнейшем были использованы ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в рамках выполнения ОКР «Разработка концептуального проекта модернизации маломерного рыболовного траулера по типу пр. 1328 («Балтика»), для Северо-Западного региона России, с вариантом использования в качестве основного топлива сжиженного природного газа (СПГ) и с возможностью использования функции прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений», шифр «Балтика» по Государственному контракту № 16411.1870099998.09.014 от 14.11.2016 г. между ФГУП «Крыловский государственный научный центр» и Минпромторг России в реализации Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009 – 2016 годы (№ отраслевой регистрации 101638, № государственной регистрации АААА-А16-11612005500), что подтверждено актом внедрения от 22 декабря 2016 года.

Проректор по научной работе ФГБОУ ВО «КГТУ»,
к.ф.-м.н., доцент



Н.А. Кострикова

Начальник УНИД ФГБОУ ВО «КГТУ»,
к.э.н., доцент



Р.К. Поляков

Акт внедрения
результатов научно-исследовательских,
опытно-конструкторских и технологических работ

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы выполнение составной части опытно-конструкторской работы «Разработка концептуального проекта модернизации маломерного рыболовного траулера по типу пр. 1328 («Балтика»), для северо-западного региона России, с возможностью использования функций прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений», шифр «Балтика – КГТУ»,

выполненной в ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» с «25» ноября 2016г. по «02» декабря 2016г., в рамках договора №К/100005-00517/16/2 от 25.11.2016г. между ФГБОУ ВО «КГТУ» и ФГУП «Крыловский государственный научный центр» внедрены во ФГУП «Крыловский государственный научный центр» (196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44. Заместитель генерального директора судостроению и морской технике - начальник 5 отделения Тимофеев Олег Яковлевич, телефон (812) 727-96-21)

в рамках выполнения ОКР «Разработка концептуального проекта модернизации маломерного рыболовного траулера по типу пр.1328 («Балтика»), для Северо-Западного региона России, с вариантом использования с вариантом использования в качестве основного топлива сжиженного природного газа (СПГ) и с возможностью использования функции прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений» (Шифр «Балтика») по Государственному контракту №16411.1870099998.09.014 от 14.11.2016г. между ФГУП «Крыловский государственный научный центр» и Минпромторг России в реализации Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 годы.

С «02» декабря 2016г. результаты работы использованы на предприятии путем разработки единичной, уникальной конструкторской документации Концептуального проекта малого рыболовного траулера по типу пр. 1328 («Балтика») для Северо-Западного региона России, с возможностью использования функции прохождения промысловой практики и обучения будущих специалистов отраслевых учебных заведений и научно-технической информации, представленной в научно-техническом отчете выпуск №48615 (№ отраслевой регистрации 101638, № государственной регистрации AAAA-A16-11612005500).

Объем внедрения за период с 25.11.2016г. по 02.12.2016г. составил:

- 1 научно-технический отчет в 3 частях №16-48.2 (КГТУ),
- Концептуальный проект малого рыболовного траулера № МБ001

Экономический эффект будет выявлен при дальнейшей реализации данного проекта Заказчиком – Минпромторгом России.

Социальный, научно-технический, иной положительный эффект, полученный от внедрения:

Повышение технического уровня и конкурентоспособности российского проекта малого рыболовного траулера по типу пр. 1328 («Балтика»).

От ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет»
Ректор, к.э.н.


В.А. Волкогон
«22» 12 2016г.

От ФГУП «Крыловский государственный
научный центр»
Заместитель генерального директора по
судостроению и морской технике, начальник
5 отделения, д.т.н.


О.Я. Тимофеев
«22» 12 2016г.



«29» 12 2016г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)
Патент на полезную модель

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 184761

АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТРУБА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский государственный технический университет" (RU)*

Авторы: *Батуев Альберт Дорнаевич (RU), Злыгостев Денис Валерьевич (RU), Чурев Евгений Андреевич (RU)*

Заявка № 2018122165

Приоритет полезной модели 15 июня 2018 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 07 ноября 2018 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 15 июня 2028 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

ПРИЛОЖЕНИЕ И (обязательное)

Математическая модель судна и его жизненного цикла

Константы

$g_A := 9.81$	Ускорение свободного падения, м/с ²
$\rho := 1.025$	Плотность воды, т/м ³
$\nu := 1.006 \cdot 10^{-6}$	Кинематическая вязкость воды, м ² /с
$\rho_f := 0.85$	Плотность топлива, т/м ³

Нормативы

$p_{эк} := 0.1$	Норма массы одного человека с багажом, т
$p_{пров} := 0.0038$	Норма массы еды на человека в сут, т [9]
$p_{прв} := 0.1$	Норма массы воды на человека в сут, т
$g_{eНвдг1} := 207$	Удельный расход топлива первого ВДГ, г/кВтч (136 кВт)
$g_{eНвдг2} := 200$	Удельный расход топлива второго ВДГ, г/кВтч (48 кВт)
$g_{eНгд} := 200$	Удельный расход топлива ГД, г/кВтч (480 кВт)

Исходные данные прототипа

$L_0 := 23.5$	Длина между п/п, м
$L_{max0} := 26.6$	Длина габаритная, м
$B_0 := 8$	Ширина, м
$H_0 := 5.4$	Высота борта, м
$T_0 := 3.41$	Осадка в полном грузу, м
$\delta_0 := 0.617$	Коэффициент общей полноты
$\alpha_0 := 0.872$	Коэффициент полноты ВЛ
$\beta_0 := 0.839$	Коэффициент миделя прототипа
$N_{гд0} := 480$	Мощность ГД, кВт
$A_0 := 10$	Автономность, сут
$R_{\text{авв}} := 90$	Дальность плавания, миль
$n_{эк} := 10$	Экипаж, чел
$N_{вдг1} := 200$	Мощность первого ВДГ, кВт
$N_{вдг2} := 60$	Мощность второго ВДГ, кВт
$N_{сэс0} := N_{вдг1} + N_{вдг2} = 260$	Мощность СЭС, кВт
$z_{г0} := 3.34$	Апplikата ЦТ, м.
$h_0 := 0.747$	Поперечная МЦВ, м
$V_0 := L_0 \cdot B_0 \cdot T_0 \cdot \delta_0 = 395.546$	Водоизмещение, м ³
$S_0 := 169.1$	Площадь смоченной поверхности базового судна, м ²
$kt := S_0 \cdot (\sqrt{V_0 \cdot L_0})^{-1} = 1.754$	Коэффициент подобия смоченной поверхности в формуле Тейлора
$af := 0.5$	Шпация, м

Исходные данные проекта

$\frac{A}{\Delta V} := 10$	Автономность по запасам, сут
$\xi := \frac{z_{g0}}{H_0} = 0.619$	относительное возвышение центра масс судна, берётся с прототипа

Варьируемые характеристики

$v_s := 9.4$	Скорость хода на свободном ходу, уз.
$V_{тр} := 110.97$	Объем трюма, м ³

Уравнение плавучести

$D_0 := \rho \cdot L \cdot B \cdot T_0 \cdot \delta_0 = 405$	Водоизмещение прототипа в полном грузу, т
$D = \rho \cdot L \cdot B \cdot T \cdot \delta$	Уравнение плавучести

Укрупненные нагрузки прототипа [13, с. 18]

	Порожнем
$P_{010} := 145$	Корпус, т
$P_{020} := 34.6$	Устройства судовые, т
$P_{030} := 3.89$	Системы судовые, т
$P_{040} := 9.09$	Энергетическая установка, т
$P_{050} := 9.11$	Электроэнергетическая система, внутрисудовая связь и управление, т
$P_{070} := 1.3$	Вооружение штурманское, т
$P_{09} := 0$	<i>Запасные части, т</i>
$P_{10} := 0$	<i>Балласт (постоянный жидкий и твердый), т</i>
$P_{110} := 6.14$	Запас водоизмещения, т
$P_{120} := 1.96$	Постоянные жидкие грузы, т
$P_{130} := 4.55$	Снабжение, имущество, т
	<i>"Снабжение и имущество" + "Промысловое снаряжение на борту"</i>

Дедвейт (возвращение с промысла 10% зап., 100% улова)

$P_{140} := 2.572$	Экипаж, провизия, вода, расходные материалы, т
$P_{150} := 153.9$	Груз перевозимый, т
$P_{160} := 10.65$	Запас топлива, масла, воды, т
$P_{170} := 11$	Переменные жидкие грузы, т
$P_{18} := 0$	<i>Жидкий балласт, т</i>
$D_{пор0} := P_{010} + P_{020} + P_{030} + P_{040} + P_{050} + P_{070} + P_{110} + P_{120} + P_{130} = 216$	Водоизмещение порожнем, т
$D_{w0} := P_{140} + P_{150} + P_{160} + P_{170} = 178$	Дедвейт, т
$D_{полн0} := D_{пор0} + D_{w0} = 394$	Расчетное полное водоизмещение судна, т
$D_0 = 405$	Полное водоизмещение судна по бумагам, т

Расчет измерителей

$$a01 := \frac{P010}{\delta^3 \cdot L^2 \cdot B \cdot H^2} = 0.08 \quad \text{измеритель для "корпус" [13, с. 30]}$$

$$a02 := P020 \cdot (L \cdot B \cdot H)^{-1} = 0.0341 \quad \text{Измеритель для "Устройства судовые"}$$

$$a03 := P030 \cdot (L \cdot B \cdot H)^{-1} = 0.00383 \quad \text{Измеритель для "Системы судовые"}$$

$$a04 := P040 \cdot (N_{ГД} + N_{СЭС})^{-1} = 0.0123 \quad \text{Измеритель для "Энергетической установки"}$$

$$a05 := P050 \cdot (L \cdot B \cdot H)^{-1} = 0.00897 \quad \text{Измеритель для "Электроэнергетическая система, внутрисудовая связь и управление"}$$

$$a11 := P110 \cdot D_{полн}^{-1} = 0.0156 \quad \text{Измеритель для "Запас водоизмещения"}$$

$$a17 := P170 \cdot A^{-1} = 1.1 \quad \text{Измеритель для "Переменных жидких грузов"}$$

Определение статей нагрузок проекта

Порожнем

$$P01 = a01 \cdot \left(\frac{1}{\delta^3} \cdot L^2 \cdot B \cdot H^2 \right) \quad \text{Корпус, т}$$

$$P02 = a02 \cdot L \cdot B \cdot H \quad \text{Устройства судовые, т}$$

$$P03 = a03 \cdot L \cdot B \cdot H \quad \text{Системы судовые, т}$$

$$P04 = a04 \cdot (N_{ГД} + N_{СЭС}) \quad \text{Энергетическая установка, т}$$

$$P05 = a05 \cdot L \cdot B \cdot H \quad \text{Электроэнергетическая система, внутрисудовая связь и управление, т}$$

$$P07 := P070 = 1.3 \quad \text{Вооружение штурманское, т}$$

$$P09 = 0 \quad \text{Запасные части, т}$$

$$P10 = 0 \quad \text{Балласт (постоянный жидкий и твердый), т}$$

$$P11 = a11 \cdot D \quad \text{Запас водоизмещения, т}$$

$$P12 := P120 = 1.96 \quad \text{Постоянные жидкие грузы, т}$$

$$P13 := P130 = 4.55 \quad \text{Снабжение, имущество, т}$$

Дедвейт (возвращение с промысла 10% зап., 100% улова)

$$P_{ЭК} := n_{ЭК} \cdot r_{ЭК} = 1 \quad \text{Масса экипажа с багажом, т}$$

$$P_{Пров} := 0.1 \cdot n_{ЭК} \cdot r_{Пров} \cdot A = 0.038 \quad \text{Масса провизии, т (10% запасов)}$$

$$P_{Прв} := 0.1 \cdot n_{ЭК} \cdot r_{Прв} \cdot A = 1 \quad \text{Масса пресной воды, т (10% запасов)}$$

$$P14 := P_{ЭК} + P_{Пров} + P_{Прв} = 2.038 \quad \text{Экипаж, провизия, вода, расходные материалы, т}$$

$$v_{гр} := P150 \cdot 150^{-1} = 1.026 \quad \text{Удельная погрузочная кубатура}$$

$$P15 := V_{гр} \cdot v_{гр} = 113.855 \quad \text{Груз перевозимый, т (100% груза)}$$

$$P17 := A \cdot a17 = 11 \quad \text{Переменные жидкие грузы, т}$$

$$P_{ГД} = \frac{N_{ГД} \cdot g_{еНГД} \cdot (24 \cdot 1.1A) \cdot 0.1}{1000000} \quad \text{Масса топлива и масла для ГД, т (10% запасов)}$$

$$P_{ВДГ1} := N_{ВДГ1} \cdot g_{еНВДГ1} \cdot (A \cdot 24 \cdot 1.1) \cdot 0.1 \cdot 10^{-6} = 1.093 \quad \text{Масса топлива и масла для ВДГ1, т (10% запасов)}$$

$$P_{ВДГ2} := N_{ВДГ2} \cdot g_{еНВДГ2} \cdot (A \cdot 24 \cdot 1.1) \cdot 0.1 \cdot 10^{-6} = 0.317 \quad \text{Масса топлива и масла для ВДГ2, т (10% запасов)}$$

$$P16 = P_{ГД} + P_{ВДГ1} + P_{ВДГ2} \quad \text{Запас топлива, масла, воды, т}$$

$$P18 = 0 \quad \text{Жидкий балласт т}$$

$$D_w := P14 + P15 + P17 + P_{ВДГ1} + P_{ВДГ2} = 128.303 \quad \text{Масса дедвейта, т}$$

$kof_1 := a02 + a03 + a05 = 0.047$	Сумма измерителей для общего множителя LBH
$kof_2 := 1 - a11 = 0.984$	Коэффициент, учитывающий запас водоизмещений
$for_engine := a04 + g_{eHгд} \cdot 24 \cdot 0.11A \cdot 10^{-6} = 0.018$	Коэффициент, для определения массы двигателя и необходимого для него топлива
$other_indep := P07 + P12 + P13 + Dw + a04 \cdot N_{сэс0} = 139.307$	Масса всех элементов, независящих от размеров судна, т
$\rho \cdot L \cdot B \cdot T \cdot \delta \cdot kof_2 = L \cdot B \cdot H \cdot kof_1 + N_{гд} \cdot for_engine + other_indep + a01 \cdot \left(\frac{1}{\delta^3} \cdot L^3 \cdot \frac{3}{2} \cdot B \cdot H^2 \right)$	Уравнение масс

Уравнение вместимости [11, с. 91-104]

$k_c := 1.08$	Коэффициент седловатости, принимаемый равным по рекомендации [11]
$Vk0 := k_c \cdot \frac{D0}{\rho} \cdot \left(\frac{H0}{T0} \right)^{\frac{\alpha0}{60}} = 818$	Объем корпуса прототипа, м ³

Независимые объёмы

$W_bulb_0 := 6.725$	Объём бульба прототипа, м ³
$W_chb_0 := 2.833$	Объём целного ящика прототипа, м ³
$W_boc_0 := 8.822$	Объём боцманской прототипа, м ³
$W_water_0 := 14.295$	Цистерна пресной воды прототипа, м ³
$W_stocwat_0 := 13.856$	Цистерна сточных вод прототипа, м ³
$W_people_0 := 222.327$	Объём жилых помещений прототипа, м ³
$W_acht_0 := 72.797$	Ахтерпик с румельным отделением, м ³
$W_ref_0 := 9.751$	Помещение генератора льда прототипа, м ³
$W_eng_0 := 212.645$	Машинное отделение прототипа, м ³
$W_hold_0 := 152.716$	Объём трюма, м ³
$W_koffer_0 := 4.236$	Объём коффердама, м ³
$W_equipfish_0 := 39.939$	Пространство для система рыбнасоса, м ³
$W_fuel_0 := 41.542$	Объём топлива, м ³
$W_ncv_0 := 3.482$	Объём цистерны нефтесодержащих вод, м ³

$$W_0 := W_water_0 + W_hold_0 + W_stocwat_0 + W_ref_0 + W_eng_0 + W_fuel_0 \dots = 805.966 \\ + W_ncv_0 + W_bulb_0 + W_acht_0 + W_koffer_0 + W_boc_0 \dots \\ + W_people_0 + W_chb_0 + W_equipfish_0$$

$$W_others_0 := Vk0 - W_0 = 12.065 \quad \text{Прочие объёмы, м}^3$$

<p>Объём бульба $\eta_{\text{bulb}} := W_{\text{bulb}_0} \div (B0 \cdot T0 \cdot L0 \cdot \delta \div \beta) = 14.265 \times 10^{-3}$ $W_{\text{bulb}} = \eta_{\text{bulb}} \cdot B \cdot T \cdot L \cdot \delta \div \beta$</p>	<p>Измеритель объёма бульба Объём бульба, м³</p>
<p>Объём цепного ящика $\eta_{\text{chb}} := W_{\text{chb}_0} \div V_{k0} = 3.463 \times 10^{-3}$ $W_{\text{chb}} = \eta_{\text{chb}} \cdot V_{k0}$</p>	<p>Измеритель объёма цепного ящика Объём цепного ящика, м³</p>
<p>Объём боцманской $\eta_{\text{bos}} := W_{\text{bos}_0} \div V_{k0} = 0.011$ $W_{\text{bos}} = \eta_{\text{bos}} \cdot V_{k0}$</p>	<p>Измеритель объёма боцманской Объём боцманской, м³</p>
<p>Объём пресной воды $\eta_{\text{water}} := W_{\text{water}_0} \cdot (n_{\text{эк}} \cdot p_{\text{прв}} \cdot A0)^{-1} = 1.43$ $W_{\text{water}} := n_{\text{эк}} \cdot p_{\text{прв}} \cdot A \cdot \eta_{\text{water}} = 14.295$</p>	<p>Измеритель объёма для пресной воды Объём пресной воды, м³</p>
<p>Цистерна сточных вод $W_{\text{stocwat}} := W_{\text{water}} = 14.295$</p>	<p>Объём сточных вод принимается таким же, как и пресной воды</p>
<p>Объём жилых помещений $h_{\text{people}} := 2.2$ $\eta_{\text{вр}} := \frac{W_{\text{people}_0}}{h_{\text{people}} \cdot n_{\text{эк}} \cdot L0 \cdot B0} = 0.054$ $W_{\text{people}} = h_{\text{people}} \cdot n_{\text{эк}} \cdot L \cdot B \cdot \eta_{\text{вр}}$</p>	<p>Высота жилых помещений, м Измеритель объёма под жилые помещения Объём жилых помещений, м³</p>
<p>Объём ахтерпика $\eta_{\text{acht}} := W_{\text{acht}_0} \div V_{k0} = 0.089$ $W_{\text{acht}} = \eta_{\text{acht}} \cdot V_{k0}$</p>	<p>Измеритель объёма ахтерпика Объём ахтерпика воды, м³</p>
<p>Объём трюма $\eta_{\text{hold}} := W_{\text{hold}_0} \div 150.6 = 1.014$ $W_{\text{hold}} := \eta_{\text{hold}} \cdot V_{\text{тр}} = 112.529$</p>	<p>Измеритель объёма трюма Объём трюма, м³</p>
<p>Помещение генератора льда $\eta_{\text{ref}} := W_{\text{ref}_0} \div W_{\text{hold}_0} = 0.064$ $W_{\text{ref}} := \eta_{\text{ref}} \cdot W_{\text{hold}} = 7.185$</p>	<p>Измеритель объёма генератора льда Объём генератора льда, м³</p>
<p>Рыбопромышленное оборудование $\eta_{\text{equipfish}} := W_{\text{equipfish}_0} \cdot W_{\text{hold}_0}^{-1} = 0.262$ $W_{\text{equipfish}} := W_{\text{hold}} \cdot \eta_{\text{equipfish}} = 29.429$</p>	<p>Измеритель объёма рыб. пром. об. Объём под рыб. пром. об., м³</p>
<p>Машинное отделение $L_{\text{engroom}_0} := 5$ $a_{\text{engroom}} := L_{\text{engroom}_0} \div L0 = 0.213$ $\eta_{\text{eng}} := W_{\text{eng}_0} \cdot (B0 \cdot L_{\text{engroom}_0})^{-1} = 5.316$ $W_{\text{eng}} = a_{\text{engroom}} \cdot L \cdot B \cdot \eta_{\text{eng}}$</p>	<p>Длина машинного отделения, м Измеритель длины МО от длины судна Измеритель объёма МО Объём машинного отделения, м³</p>
<p>Объём коффердама $a_{\text{koff}} := W_{\text{koffer}_0} \cdot (B0 \cdot af)^{-1} = 1.059$ $W_{\text{koffer}} = a_{\text{koff}} \cdot af \cdot B$</p>	<p>Измеритель объёма коффердама Объём коффердама, м³</p>
<p>Цистерна нефтесодержащих вод $\eta_{\text{cvt}} := W_{\text{ncv}_0} \div A0 = 0.348$ $W_{\text{ncv}} := A \cdot \eta_{\text{cvt}} = 3.482$</p>	<p>Измеритель объёма н/с вод Объём объёма н/с вод, м³</p>
<p>Топливная цистерна $W_{\text{fuel_app}} := (N_{\text{адг1}} \cdot g_{\text{еНадг1}} + N_{\text{адг2}} \cdot g_{\text{еНадг2}}) \cdot [1.1 \cdot (A0 \cdot 24) \cdot (10^{-6} \div \rho_f)]$ $W_{\text{fuel_eng}} := N_{\text{гд0}} \cdot g_{\text{еНгд}} \cdot 1.1 \cdot (A0 \cdot 24) \cdot (10^{-6} \div \rho_f)$</p>	<p>Измеритель объёма топлива Объём топливной цистерны, м³</p>
<p>Прочие объёмы $\eta_{\text{others}_1} := W_{\text{others}_0} \cdot W_0^{-1} = 14.969 \times 10^{-3}$</p>	<p>Измеритель прочих объёмов</p>

Сумма объёмов, независимых от размеров судна:

$$W_{indep} := 2W_{water} + W_{hold} + W_{ref} + W_{fuel_app} + W_{ncv} + W_{equipfish} = 197.801$$

Различные коэффициенты, для большей наглядности конечной формулы

$$engine := a_{eng_room} \cdot \eta_{eng}$$

$$fuel := g_{H_{гд}} 1.1 \cdot (A0.24) \cdot \frac{10^{-6}}{\rho f} = 0.062$$

$$oth := (1 + \eta_{others_1}) = 1.015$$

$$kofer := a_{koff} \cdot af = 0.53$$

$$peop := h_{people} \cdot n_{эк} \cdot n_{vb} = 1.183$$

$$w_{koff_1} := [1 - (1 + \eta_{others_1}) \cdot (\eta_{chb} + \eta_{voc} + \eta_{acht})] \cdot \frac{kc}{oth} = 0.953$$

Уравнение объёмов:

$$L \cdot B \cdot T \cdot \delta \cdot \left(\frac{H}{T}\right)^{\frac{\alpha}{\delta}} \cdot w_{koff_1} = B \cdot \left(\eta_{bow} \cdot T \cdot L \cdot \frac{\delta}{\beta} + peop \cdot L + kofer \right) + N_{гд} \cdot fuel + W_{indep} + engine \cdot B \cdot L$$

Уравнение коэффициента полноты ватерлинии [11, с. 144]

$$\varphi_0 := \frac{\delta_0}{\beta_0} = 0.735 \quad \text{Призматический коэффициент прототипа}$$

$$c_{02} := \alpha_0 \cdot \varphi_0^{\frac{-2}{3}} = 1.07 \quad \text{Коэффициент должен находиться в интервале (0,91 - 1,06)}$$

$$\frac{c_{02}}{\alpha_0} := 1.06 \cdot \frac{2}{3} \quad \text{Уравнения для определения коэффициента полноты ВЛ}$$

$$\alpha = c_{02} \cdot \left(\frac{\delta}{\beta}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Уравнение остойчивости [14, с. 294-302]

$$ag := \xi = 0.619 \quad \text{Относительное возвышение центра тяжести}$$

$$hh := \frac{0.7}{B_0} = 0.088 \quad \text{Относительная поперечная метацентрическая высота}$$

$$kp := \frac{\left(\frac{\alpha_0}{\varphi_0}\right)^{\frac{1}{3}}}{12} = 0.088 \quad \text{Поправочные коэффициенты}$$

$$k_{\delta v} := 1.017 - 0.023 = 0.994$$

$$B_{kT} := \left[hh + \sqrt{hh^2 - 4 \cdot \left(kp \cdot \frac{\alpha_0^2}{\delta_0} \right) \cdot \left(kc \cdot \frac{1}{1 + \frac{\delta_0}{\alpha_0}} - ag \cdot \frac{H_0}{T_0} \right)} \right] \cdot \left(2 \cdot kp \cdot \frac{\alpha_0^2}{\delta_0} \right)^{-1} = 2.356 \quad \text{необходимое отношение В к Т у прототипа для удовлетворения требований остойчивости}$$

Уравнение мощности [11, с. 67-91]

Скорость судна, м/с

$$v := (2.088 \ 2.582 \ 3.078 \ 3.651 \ 4.297 \ 4.932 \ 5.592 \ 6.28)^T$$

Коэффициент остаточного сопротивления, $\cdot 10^3$

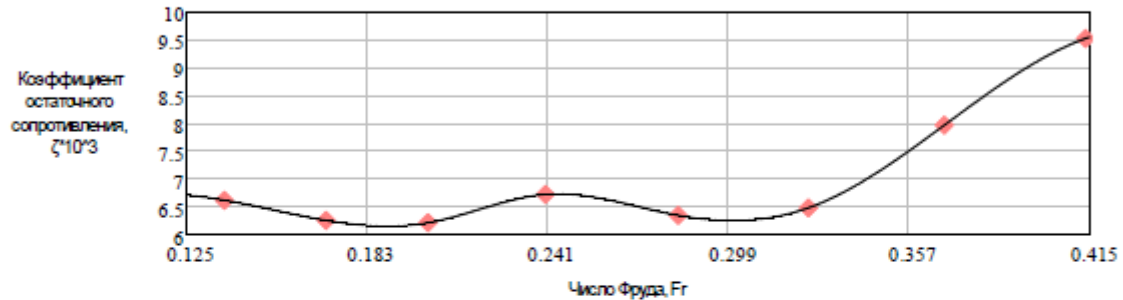
$$\zeta_{\text{ost}} := (6.626753 \ 6.26695 \ 6.223053 \ 6.730478 \ 6.356285 \ 6.492264 \ 7.967825 \ 9.519736)^T$$

$$i := 0, 1 \dots \text{rows}(v) - 1 \quad Fr_i := v_i \cdot (\underline{g} \cdot L0)^{-0.5}$$

$$Fr^T = (0.138 \ 0.17 \ 0.203 \ 0.24 \ 0.283 \ 0.325 \ 0.368 \ 0.414) \quad \text{число Фруда}$$

Зависимость коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда:

$$\zeta(x) := \text{interp}(\text{cspline}(Fr, \zeta_{\text{ost}}), Fr, \zeta_{\text{ost}}, x)$$



$$\Omega_s := kt \cdot \sqrt{L0^2 \cdot B0 \cdot T0 \cdot \delta_0} = 169.1$$

площадь смоченной поверхности судна, м²

$$v1 := 0.514 \cdot v_s = 4.832$$

скорость судна, м/с

$$Re := v1 \cdot \frac{L0}{\nu} = 1.129 \times 10^8$$

число Рейнольдса

$$Cf0 := \frac{0.455}{(\log(Re))^{2.58}} = 2.093 \times 10^{-3}$$

коэффициент сопротивления эквивалентно-гладкой пластины по формуле Прандтля-Шлихтинга

$$\zeta1\Delta(L) := \zeta \left[v1 \cdot (\underline{g} \cdot L)^{-0.5} \right] \cdot 10^{-3}$$

коэффициент остаточного сопротивления

$$C\Delta := 0.2 \cdot 10^{-3}$$

коэффициент шероховатости

$$\zeta\Delta := \zeta1\Delta(L0) = 6.381 \times 10^{-3}$$

$$k := 1.3$$

коэффициент, учитывающий метеоусловия при эксплуатации судна
пропульсивный коэффициент

$$\eta_{pp} := 0.243$$

$$\zeta\Delta := 6.381 \times 10^{-3}$$

$$\eta_{using} := 0.85 = 0.85$$

коэффициент использования двигателя

$$\text{prop_kof} := \rho \cdot \frac{v1^3}{2} \cdot \frac{k}{\eta_{pp}} \cdot kt \cdot \frac{1}{\eta_{using}} = 638.111$$

$$N_{гд} = \text{prop_kof} \cdot \sqrt{L^2 \cdot B \cdot T \cdot \delta} \cdot \left[\frac{0.455}{\left(\log \left(v1 \cdot \frac{L}{\nu} \right) \right)^{2.58}} + \zeta1\Delta(L) + C\Delta \right] \quad \text{уравнение мощности, кВт}$$

Относительное удлинение [11, с. 145-148]

$$v_{s0} := 9.4$$

скорость прототипа, уз

$$l_0 := L_0 \div \sqrt[3]{V_0} = 3.201$$

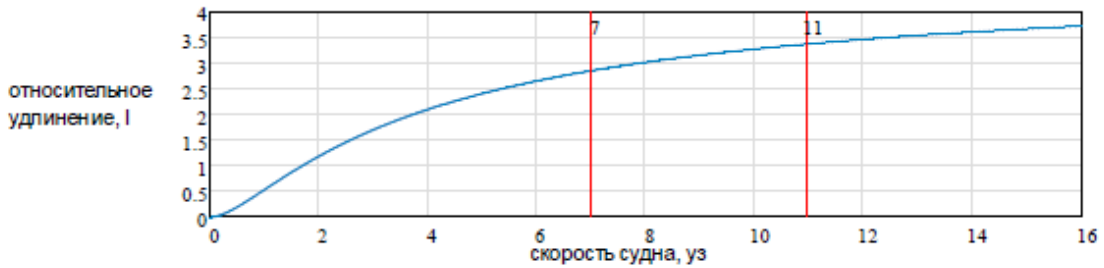
относительное удлинение судна-прототипа

$$c_{_7} := 10 \cdot \left(\frac{v_{s0}}{v_{s0} + 2} \right)^{-2} = 4.709$$

коэффициент, связывающий скорость и относительное удлинение, который вычисляется по судну прототипу

$$l_{_7}(v_s) := c_{_7} \cdot \left(\frac{v_s}{v_s + 2} \right)^2$$

относительное удлинение судна в зависимости от скорости



$$l_{_w} := c_{_7} \cdot \left(\frac{v_s}{v_s + 2} \right)^2 = 3.201$$

относительное удлинение нового проекта

Система уравнений и расчёт

Начальные приближения:

$$B := 8 \quad \delta_{_m} := 0.6 \quad N_{гд} := 400 \quad T := 3 \quad \beta := 0.8 \quad \varphi := 0.65 \quad L_{_w} := 22 \quad H_{_w} := H_0 = 5.4 \quad \alpha := \alpha_0 = 0.872$$

Given

$$N_{гд} = \text{prop_kof} \cdot \sqrt{L^2 \cdot B \cdot T \cdot \delta} \cdot \left[\frac{0.455}{\left(\log \left(v_1 \cdot \frac{L}{v} \right) \right)^{2.58}} + \zeta(1\Delta(L) + C\Delta) \right]$$

$$L = 1 \cdot (L \cdot B \cdot T \cdot \delta)^{\frac{1}{3}}$$

$$\frac{B}{T} = \left[h h + \sqrt{h h^2 - 4 \cdot \left(k_p \cdot \frac{\alpha^2}{\delta} \right) \cdot \left(k_c \cdot \frac{1}{1 + \frac{\delta}{\alpha}} - a_g \cdot \frac{H}{T} \right)} \right] \cdot \left(2 \cdot k_p \cdot \frac{\alpha^2}{\delta} \right)^{-1}$$

$$\rho \cdot L \cdot B \cdot T \cdot \delta \cdot \text{kof_2} = L \cdot B \cdot H \cdot \text{kof_1} + N_{гд} \text{ for engine} + \text{other_indep} + a_01 \cdot \left(\frac{1}{\delta^3} \cdot L^{\frac{3}{2}} \cdot B \cdot H^{\frac{1}{2}} \right) \cdot \frac{\alpha}{\delta}$$

$$B \cdot \left(\eta_{\text{bow}} \cdot T \cdot L \cdot \frac{\delta}{\beta} + \text{reop} \cdot L + \text{kof}_{er} \right) + N_{гд} \text{ fuel} + W_{\text{indep}} + \text{engine} \cdot B \cdot L = L \cdot B \cdot T \cdot \delta \cdot \left(\frac{H}{T} \right)^{\frac{\alpha}{\delta}} \cdot w_{\text{koff_1}}$$

$$\varphi = \frac{0.653}{\left[\frac{0.514 \cdot v_s}{(\sqrt{g \cdot L})} \right]^{0.059}} + 0.035$$

Уравнение коэффициента продольной полноты [11, с. 142]

$$\beta = \frac{\delta}{\varphi} \quad \alpha = c_02 \cdot \left(\frac{\delta}{\beta} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Ограничения

$$0.8 \leq \beta \leq 0.95 \quad 0.8 \leq \alpha \leq 0.95 \quad 0.5 \leq \delta \leq 1 \quad 0.5 \leq \varphi \leq 1$$

$$\text{result1} := \text{Find}(B, T, \delta, N_{гд}, \alpha, H, \beta, \varphi, L)$$

решение системы уравнений

Начальные приближения:

$$\underline{B}_w := 8 \quad \underline{\delta}_w := 0.6 \quad \underline{N}_{ГД} := 400 \quad \underline{T}_w := 3 \quad \underline{\beta}_w := 0.8 \quad \underline{\varphi}_w := 0.65 \quad \underline{L}_w := 22 \quad \underline{H}_w := H_0 = 5.4 \quad \underline{\alpha}_w := \alpha_0 = 0.872$$

Given

$$N_{ГД} = 480 \quad \frac{1}{L} =$$

$$L = 1 / (L \cdot B \cdot T \cdot \delta)^3$$

$$\frac{B}{T} = \left[hh + \sqrt{hh^2 - 4 \cdot \left(kp \cdot \frac{\alpha^2}{\delta} \right) \cdot \left(kc \cdot \frac{1}{1 + \frac{\delta}{\alpha}} - ag \cdot \frac{H}{T} \right)} \right] \cdot \left(2 \cdot kp \cdot \frac{\alpha^2}{\delta} \right)^{-1}$$

$$\rho \cdot L \cdot B \cdot T \cdot \delta \cdot kof_2 = L \cdot B \cdot H \cdot kof_1 + N_{ГД} \cdot for_engine + other_indep + a01 \cdot \left(\frac{1}{\delta^3} \cdot L^{\frac{3}{2}} \cdot B \cdot H^{\frac{1}{2}} \right) \cdot \frac{\alpha}{\delta}$$

$$B \cdot \left(\eta_{bow} \cdot T \cdot L \cdot \frac{\delta}{\beta} + peop \cdot L + kofer \right) + N_{ГД} \cdot fuel + W_indep + engine \cdot B \cdot L = L \cdot B \cdot T \cdot \delta \cdot \left(\frac{H}{T} \right)^{\delta} \cdot w_koff_1$$

$$\varphi = \frac{0.653}{\left[\frac{0.514 \cdot vs}{(\sqrt{g \cdot L})} \right]^{0.059}} + 0.035$$

$$\beta = \frac{\delta}{\varphi} \quad \alpha = c02 \cdot \left(\frac{\delta}{\beta} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Ограничения

$$0.8 \leq \beta \leq 0.95 \quad 0.8 \leq \alpha \leq 0.95 \quad 0.5 \leq \delta \leq 1 \quad 0.5 \leq \varphi \leq 1$$

$$result2 := \text{Find}(B, T, \delta, N_{ГД}, \alpha, H, \beta, \varphi, L)$$

решение системы уравнений

$$result := \begin{cases} k \leftarrow 3 \\ result \leftarrow result1 \quad \text{if } result1_k \geq result2_k \\ result \leftarrow result2 \quad \text{otherwise} \\ result \end{cases}$$

Представлены 2 системы уравнений.
Если мощность, требуемая для свободного хода судна, меньше 480 кВт, тогда решается 2-ая система уравнений, иначе 1-ая.
Во 2-ой системе уравнений уравнений мощности заменено условием $N_{ГД} = 480$ кВт.

$$\underline{B}_w := result_0 \quad \underline{T}_w := result_1 \quad \underline{\delta}_w := result_2 \quad \underline{N}_{ГД} := result_3 \quad \underline{\alpha}_w := result_4 \quad \underline{H}_w := result_5 \quad \underline{\beta}_w := result_6 \quad \underline{\varphi}_w := result_7 \quad \underline{L}_w := result_8$$

Полученные размерения судна

$L = 21.521$	Длина судна, м
$B = 7.647$	Ширина судна, м
$H = 5.282$	Высота борта судна, м
$T = 3.153$	Осадка судна, м
$\delta = 0.585$	Кэффициент общей полноты
$N_{ГД} = 480$	Мощность ГД, кВт
$\alpha = 0.861$	Кэффициент полноты ватерлинии
$\beta = 0.8$	Кэффициент полноты мидель-шпангоута
$\varphi = 0.732$	Кэффициент продольной полноты

$$\frac{B}{T} = 2.425 \quad \frac{L}{B} = 2.814$$

$$N_{ГД} := N_{ГД} = 480$$

$$N_p := prop_kof \cdot \sqrt{L^2 \cdot B \cdot T \cdot \delta} \cdot \left[\frac{0.455}{\left(\log \left(v1 \cdot \frac{L}{v} \right) \right)^{2.58}} + c1 \Delta(L) + C \Delta \right] = 463.906$$

$$N_p = 463.906 \quad \text{Мощность на переходах, кВт}$$

$$N_{ГД} = 480 \quad \text{Мощность на тралении, кВт}$$

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ БЛОК

Статьи нагрузки масс проекта [13, с 27-48.]

$D := \rho \cdot L \cdot B \cdot T \cdot \delta = 311$	Водоизмещение судна в расчетном случае нагрузки, т.
Статьи нагрузки порожнем	
$P01 := a01 \cdot \left(\frac{1}{\delta^3} \cdot L^3 \cdot \frac{3}{L^2} \cdot B \cdot H^2 \right) = 118.047$	Корпус, т
$P02 := a02 \cdot L \cdot B \cdot H = 29.624$	Устройства судовые, т
$P03 := a03 \cdot L \cdot B \cdot H = 3.331$	Системы судовые, т
$P04 := a04 \cdot (N_{гд} + N_{сэс0}) = 9.09$	Энергетическая установка, т
$P05 := a05 \cdot L \cdot B \cdot H = 7.8$	Электроэнергетическая система, внутрисудовая связь и управление, т
$P07 := P070 = 1.3$	Вооружение штурманское, т
$P09 = 0$	Запасные части, т (отсутствуют, так как отсутствует подобная статья нагрузки у прототипа)
$P10 = 0$	Балласт, т (отсутствуют, так как отсутствует подобная статья нагрузки у прототипа)
$P11 := a11 \cdot D = 4.856$	Запас водоизмещения, т
$P12 := P120 = 1.96$	Постоянные жидкие грузы, т
$P13 := P130 = 4.55$	"Снабжение и имущество" + "Промышленное снаряжение на борту", т. <i>Данная статья нагрузок как и "Промышленное снаряжение на борту" принимается неизменной и аналогичной прототипу.</i>

$$D_{пор0} := P01 + P02 + P03 + P04 + P05 + P07 + P11 + P12 + P13 = 181 \quad \text{Водоизмещение порожнем, т}$$

Исходные данные для расчета стоимости проектирования [15, с.2]

$k1 := 1.0$	Тот же движитель, по сравнению с аналогом
$k2 := 0.75$	Снижение трудоемкости за счет использования прототипа
$k3 := 0.25$	Снижение трудоемкости за счет роста производительности труда
$C_{пр} := 840$	Стоимость часа конструкторских работ, руб/час

Расчет стоимости проектирования [15, с. 2]

$T_{пр} := 43.44 \cdot D^{0.333} \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 = 55.1$	Полная трудоемкость проектирования для судов, водоизмещением меньше 2000 т, тыс н-час
$C_{пр} := T_{пр} \cdot C_{пр} \div 1000 = 46$	Стоимость работ по проектированию, млн. руб

Исходные данные для расчета трудоемкости строительства [15, с. 2-3]

$k_{обр} := 26.6$	Нормативная трудоемкость для "Обработки деталей стального корпуса", н-час/т
$k_{сбор} := 120.5$	Нормативная трудоемкость для "Предварительной сборки конструкции стального корпуса", н-час/т
$k_{форм} := 81.7$	Нормативная трудоемкость для "Формирование стального корпуса", н-час/т
$k_{труб} := 489.4$	Нормативная трудоемкость для "Трубомонтажные работы", н-час/т
$k_{мех} := 157.6$	Нормативная трудоемкость для "Механомонтажные работы", н-час/т
$k_{дост} := 77$	Нормативная трудоемкость для "Достроечные работы", н-час/т
$k_{исп} := 16.4$	Нормативная трудоемкость для "Испытания", н-час/т
$k_{МСЧ} := 13$	Доля трудоемкости деталей МСЧ от всей трудоемкости, проц
$k_{Сер} := 1.75$	Коэффициент серийности

Расчет трудоемкости строительства [15, с. 2-3]

$k_{\text{ЗашИзПокЦемДВ0}} := \frac{29.3}{P010} = 0.202$	Коэффициент "Зашивки, изоляции, покрытия, цементовки, дельных вещей" в "Корпусе"
$\text{Собр} := P01 \cdot (1 - k_{\text{ЗашИзПокЦемДВ0}}) \cdot k_{\text{обр}} = 2506$	Трудоемкость обработки деталей стального корпуса, н-час
$\text{Сбор} := P01 \cdot k_{\text{сбор}} = 14225$	Трудоемкость предварительной сборки конструкций корпуса, н-час
$\text{Сформ} := P01 \cdot k_{\text{форм}} = 9644$	Трудоемкость формирования стального корпуса, н-час
$\text{Струб} := P03 \cdot k_{\text{труб}} = 1630$	Трудоемкость трубомонтажных работ, н-час
$\text{Смех} := (P02 + P04) \cdot k_{\text{мех}} = 6101$	Трудоемкость механомонтажных работ, н-час
$\text{Сдост} := (P01 + P02 + P03 + P04 + P05 + P07 + P11 + P12 + P13) \cdot k_{\text{дост}} = 13903$	Трудоемкость «остроечных работ, н-час
$\text{Сисп} := (P01 + P02 + P03 + P04 + P05 + P07 + P11 + P12 + P13) \cdot k_{\text{исп}} = 2961$	Трудоемкость испытаний, н-час
$\text{Смсч} := \frac{k_{\text{МСЧ}}}{100} \cdot (\text{Собр} + \text{Сбор} + \text{Сформ} + \text{Струб} + \text{Смех} + \text{Сдост} + \text{Сисп}) = 6626$	Трудоемкость изготовления деталей МСЧ, н-час
$\text{С1СерСуд} := (\text{Собр} + \text{Сбор} + \text{Сформ} + \text{Струб} + \text{Смех} + \text{Сдост} + \text{Сисп}) + \text{Смсч} = 57596$	Общая трудоемкость постройки серийного судна, н-час
$\text{С1ГолСуд} := k_{\text{Сер}} \cdot \text{С1СерСуд} = 100793$	Общая трудоемкость постройки головного судна, н-час

Исходные данные для расчета стоимости строительства [15, с. 4-7]

$k_{\text{Сстали}} := 63817$	Цена на сталь ≤ 10 , руб/т [16]
$k_{\text{ЗашИзПокЦемДВ0}} := \frac{29.3}{P010} = 0.202$	Коэффициент "Зашивки, изоляции, покрытия, цементовки, дельных вещей" в "Корпусе"
$k_{\text{СЗашИзПокЦемДВ}} := 282440$	Стоимость "Зашивки, изоляции, покрытия, цементовки, дельных вещей", руб/т
$k_{\text{ПромУстр0}} := \frac{24.5}{P020} = 0.708$	Коэффициент "Промышленного устройства" в "Судовых устройствах"
$k_{\text{ССудУстр}} := 918240$	Стоимость "Судовых устройств (кроме промышленного устройства)" по мнению Исполнителя, руб/т
$k_{\text{СудСист0}} := \frac{1.17}{3.89} = 0.301$	Коэффициент "Систем" в "Судовых системах"
$k_{\text{ССист}} := 165700$	Стоимость "Судовых систем", руб/т
$k_{\text{СМех}} := 4673150$	Стоимость "Механизмов систем", руб/т
$k_{\text{ЭлСистСвУпр}} := 3291500$	Стоимость "Электроэнергетическая система, связь и управление", руб/т
$k_{\text{ГД}} := 2355749 + 450 = 5235$	Стоимость одного киловата ГД, руб/кВт [17]
$k_{\text{ТрубГД}} := \frac{3.53}{P040} = 0.388$	Коэффициент "трубопровода и валопровода ГД" в "Энергетической установке"
$k_{\text{нНормоЧас}} := 1790$	Стоимость нормо-часа на ПСЗ Янтарь, руб/час
$k_{\text{ПромУстр}} := 4.3$	Стоимость материалов на "Промышленное устройство", млн. руб
$k_{\text{Непред}} := 10$	Процент непредвиденных работ, проц
$k_{\text{Подг}} := 5$	Процент подготовки к строительству, проц
$k_{\text{Прибыли}} := 10$	Процент прибыли, проц
$k_{\text{КО}} := 1.5$	Услуги классификационных обществ, проц
$k_{\text{Страхован}} := 0.65$	Процент страховых услуг в год, проц
$k_{\text{ТЗРМатериал}} := 5$	Транспортно-заготовительные расходы на материалы, проц
$k_{\text{ТЗРОбор}} := 2$	Транспортно-заготовительные расходы на оборудование, проц

Расчет стоимости строительства [15, с. 8-10]

Стоимость материалов на "Корпус", млн. руб

$$Sk_{\text{Корпус}} := P01 \cdot (1 - k_{\text{ЗашИзПокЦемДВ0}}) \cdot k_{\text{Стали}} \cdot (100 + k_{\text{ТЗРМатериал}}) \div (10^6 \cdot 100) = 6$$

Стоимость материалов на "Зашивку, изоляцию, покрытия, цементовку, дельные вещи", млн. руб

$$Sk_{\text{ЗашИзПокЦемДВ}} := P01 \cdot k_{\text{ЗашИзПокЦемДВ0}} \cdot k_{\text{СЗашИзПокЦемДВ}} \cdot (100 + k_{\text{ТЗРМатериал}}) \div (10^6 \cdot 100) = 7.074$$

Стоимость материалов на "Судовые устройства", млн. руб

$$Sk_{\text{СудУстр}} := P02 \cdot (1 - k_{\text{ПромУстр0}}) \cdot k_{\text{СудУстр}} \cdot (100 + k_{\text{ТЗРОбор}}) \div (1000000 \cdot 100) = 8.099$$

Стоимость материалов на "Судовые системы", млн. руб

$$Sk_{\text{Сист}} := P03 \cdot k_{\text{СудСист0}} \cdot k_{\text{ССист}} \cdot (100 + k_{\text{ТЗРМатериал}}) \div (1000000 \cdot 100) = 0.174$$

Стоимость материалов на "Механизмы системы", млн. руб

$$Sk_{\text{Мех}} := P03 \cdot (1 - k_{\text{СудСист0}}) \cdot k_{\text{SMех}} \cdot (100 + k_{\text{ТЗРОбор}}) \div (1000000 \cdot 100) = 11.101$$

Стоимость материалов на "Электроэнергетическая система, связь и управление", млн. руб

$$Sk_{\text{ЭлСистСвУпр}} := P05 \cdot k_{\text{ЭлСистСвУпр}} \cdot (100 + k_{\text{ТЗРОбор}}) \div (1000000 \cdot 100) = 26.187$$

Стоимость материалов на "ГД", млн. руб

$$Sk_{\text{ГД}} := N_{\text{ГД}} \cdot k_{\text{ГД}} \cdot (100 + k_{\text{ТЗРОбор}}) \div (1000000 \cdot 100) = 2.563$$

Стоимость материалов на "Трубопроводов ГД и валопровода", млн. руб

$$Sk_{\text{ТрубГД}} := P04 \cdot k_{\text{ТрубГД}} \cdot k_{\text{ССист}} \cdot (100 + k_{\text{ТЗРМатериал}}) \div (1000000 \cdot 100) = 0.614$$

SkПромУстр = 4.3

Стоимость материалов на "Промышленное устройство", млн. руб

Стоимость всех материалов и оборудования, млн руб

$$Sk_{\text{МатОбор}} := Sk_{\text{Корпус}} + Sk_{\text{ЗашИзПокЦемДВ}} + Sk_{\text{СудУстр}} + Sk_{\text{Сист}} + Sk_{\text{Мех}} \dots = 66.424 \\ + Sk_{\text{ЭлСистСвУпр}} + Sk_{\text{ГД}} + Sk_{\text{ТрубГД}} + Sk_{\text{ПромУстр}}$$

Головное судно

Стоимость "Строительно-монтажных работ", млн. руб

$$Sk_{\text{СтрМонтРаботГОЛ}} := C1_{\text{ГолСуд}} \cdot k_{\text{НормоЧас}} \div 1000000 = 180.419$$

Стоимость "Непредвиденных работ", млн. руб

$$Sk_{\text{ЗапНепредРаботГОЛ}} := k_{\text{Непред}} \cdot (Sk_{\text{МатОбор}} + Sk_{\text{СтрМонтРаботГОЛ}}) \div 100 = 24.684$$

Себестоимость строительства, млн. руб

$$Sk_{\text{СебестГОЛ}} := Sk_{\text{МатОбор}} + Sk_{\text{СтрМонтРаботГОЛ}} + Sk_{\text{ЗапНепредРаботГОЛ}} = 271.527$$

$$Sk_{\text{ПодгСтрГОЛ}} := k_{\text{Подг}} \cdot Sk_{\text{СебестГОЛ}} \div 100 = 13.576$$

Подготовка строительства, млн. руб

$$Sk_{\text{СебестПолнаяГОЛ}} := Sk_{\text{СебестГОЛ}} + Sk_{\text{ПодгСтрГОЛ}} = 285.104$$

Полная себестоимость строительства, млн. руб

$$S_{\text{ПрибыльГОЛ}} := k_{\text{Прибыль}} \cdot Sk_{\text{СебестПолнаяГОЛ}} \div 100 = 28.51$$

Прибыль, млн. руб

$$S_{\text{УслКОНОГОЛ}} := \frac{k_{\text{КО}}}{100} \cdot Sk_{\text{СебестПолнаяГОЛ}} = 4.277$$

Услуги классификационных обществ и надзорных органов, млн. руб (1,5%)

$$S_{\text{СтрахСтроитГОЛ}} := \frac{k_{\text{Страхован}}}{100} \cdot Sk_{\text{СебестПолнаяГОЛ}} = 1.853$$

Страхование строительства (0,65 % в год), млн. руб

Строительная стоимость головного судна, млн руб

$$Sk_{\text{ГолСуд}} := Sk_{\text{СебестПолнаяГОЛ}} + S_{\text{ПрибыльГОЛ}} + S_{\text{УслКОНОГОЛ}} + S_{\text{СтрахСтроитГОЛ}} = 319.744$$

Серийное судно

$$Sk_{СтрМонтРаботСЕР} := \frac{C1_{СерСуд} \cdot k_{НормоЧас}}{1000000} = 103.097 \quad \text{Стоимость "Строительно-монтажных работ", млн. руб}$$

$$Sk_{ЗапНепредРаботСЕР} := \frac{k_{Непред}}{100} \cdot (Sk_{МатОбор} + Sk_{СтрМонтРаботСЕР}) = 16.952 \quad \text{Стоимость непредвиденных работ, млн. руб}$$

Себестоимость строительства, млн. руб

$$Sk_{СебестСЕР} := Sk_{МатОбор} + Sk_{СтрМонтРаботСЕР} + Sk_{ЗапНепредРаботСЕР} = 186.472$$

$$Sk_{ПодгСтрСЕР} := \frac{k_{Подг}}{100} \cdot Sk_{СебестСЕР} = 9.324 \quad \text{Подготовка строительства, млн. руб}$$

$$Sk_{СебестПолнаяСЕР} := Sk_{СебестСЕР} + Sk_{ПодгСтрСЕР} = 195.796 \quad \text{Полная себестоимость строительства, млн. руб}$$

$$S_{ПрибыльСЕР} := k_{Прибыль} \cdot Sk_{СебестПолнаяСЕР} \div 100 = 19.58 \quad \text{Прибыль, млн. руб}$$

$$S_{УслКОиНОСЕР} := \frac{k_{КО}}{100} \cdot Sk_{СебестПолнаяСЕР} = 2.937 \quad \text{Услуги классификационных обществ и надзорных органов, млн. руб}$$

$$S_{СтрахСтроитСЕР} := k_{Страхован} \cdot Sk_{СебестПолнаяСЕР} \div 100 = 1.273 \quad \text{Страхование строительства, млн. руб}$$

Строительная стоимость серийного судна, млн руб

$$Sk_{СерСуд} := Sk_{СебестПолнаяСЕР} + S_{ПрибыльСЕР} + S_{УслКОиНОСЕР} + S_{СтрахСтроитСЕР} = 219.585$$

Исходные данные для расчета расходов на строительство судна с учетом кредита [15, с. 11-12]

$$TK_{Кредита} := 7 \quad \text{Период кредита, год}$$

$$ПроцКредита := 5.3 \quad \text{Процент кредита, проц}$$

$$k_{Собств} := 0.2 \quad \text{Доля собственных вложений}$$

$$T_{Эксплуат} := 25 \quad \text{Время эксплуатации судна, год}$$

$$T_{ЭксплуатРасч} := T_{Эксплуат} + 2 = 27 \quad \text{Время эксплуатации с учетом еще года постройки и года утилизации, год}$$

Расчет расходов на строительство судна с учетом кредита [15, с. 11-12]

$$КарСобст := k_{Собств} \cdot Sk_{СерСуд} = 43.917 \quad \text{Собственные вложения, млн. руб}$$

$$КарКредит := (1 - k_{Собств}) \cdot Sk_{СерСуд} = 175.668 \quad \text{Кредитные вложения, млн. руб}$$

$$ТелоКредитаВГод := \frac{КарКредит}{TK_{Кредита}} = 25.1 \quad \text{Размер ежегодной выплаты кредита, млн. руб}$$

 $i := 1..TK_{Кредита}$

$$C_{сКредит_i} := \frac{КарКредит}{TK_{Кредита}} + \left[КарКредит - \frac{КарКредит}{TK_{Кредита}} \cdot (i - 1) \right] \cdot \frac{ПроцКредита}{100}$$

$$C_{сКредит}^T = (0 \quad 34.406 \quad 33.076 \quad 31.746 \quad 30.416 \quad 29.086 \quad 27.756 \quad 26.426)$$

$$\sum C_{сКредит} = 212.91 \quad \text{Общая сумма кредита с процентами, млн. руб}$$

$$C_{сКредит_0} := КарСобст$$

Ежегодное распределение затрат с учетом кредита и собственных вложений, млн. руб

$$C_{сКредит}^T = (43.917 \quad 34.406 \quad 33.076 \quad 31.746 \quad 30.416 \quad 29.086 \quad 27.756 \quad 26.426)$$

$$Sk_{Итог} := \sum C_{сКредит} = 256.827 \quad \text{Общая сумма затрат на постройку судна, с учетом собственных средств и кредитного займа, млн. руб.}$$

$$k := T_{Эксплуат} - TK_{Кредита}$$

$$M_{Болван_k} := 0 \quad \text{rows}(M_{Болван}) = 19 \quad Sk := \text{stack}(C_{сКредит}, M_{Болван})$$

Ежегодное распределение суммы строительной стоимости на период эксплуатации судна, млн. руб

$$Sk^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	0	43.917	34.406	33.076	31.746	30.416	29.086	27.756	26.426	0	0	0	...

$$Sk_{СУММ} := \sum Sk = 256.827$$


```

CSPремонт :=
  KK30 ← 0
  i ← 1
  while i < TЭксплуатРасч - 1
    KK3i ← CsРемонт if mod(i, TРемонт) = 0
    KK3i ← 0 otherwise
    i ← i + 1
  KK3TЭксплуатРасч-1 ← 0
  KK3

```

Ежегодное распределение расходов на ремонт с освидетельствованием судна и подтверждением класса Регистра судна на период всей его эксплуатации, млн. руб

$$CSPремонт^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 \end{array}$$

Ежегодное распределение расходов на ремонт и обслуживание судна на период всей его эксплуатации, млн. руб

$CSPремонтИСодерж := CSTехОбсл + CSОсаПодЧаст + CSPремонт$

$$CSPремонтИСодерж^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 2 & 1 & 8 & 2 & 1 & 1 & 2 & 8 & 1 & 2 & 1 & 1 & 9 & 1 & 1 & 2 & 1 & 8 & 2 & 1 & 1 & 2 & 8 & 0 \end{array}$$

$CSPремонтИСодержСУММ := \sum CSPремонтИСодерж = 68$ Общая сумма расходов на ремонт и обслуживание судна на период всей его эксплуатации, млн. руб

Исходные данные для расчета условно-постоянных расходов [15, с. 13]

$n_{ЭК}$:= 10	Экипаж, чел
$CsЗарплата$:= 50	Среднемесячная заработная плата 1 члена экипажа, тыс. руб/мес (по данным рыболовцевских компаний КО)
$PгАдминистр$:= 8	Затраты на администрирование и прочие расходы, проц.
$PгСтрахование$:= 0.3	Затраты на страхование, проц.

Расчет условно-постоянных расходов

$l := TЭксплуатРасч - 1$ $h := TЭксплуатРасч - 2$ $j := 0..1$

$K4 := n_{ЭК} \cdot CsЗарплата \cdot 12 \div 1000 = 6$ Зарплата экипажу в год, млн. руб

$CsЭкипажа_j := K4$ Ежегодная зарплата на экипаж, млн. руб.

$CsЭкипажа_0 := 0$ Зарплата экипажа за год строительства судна, млн. руб

$CsЭкипажа_1 := 0$ Зарплата экипажа за год утилизации судна, млн. руб

Ежегодное распределение расходов на зарплату экипажу на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$$CsЭкипажа^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 6 & 0 \end{array}$$

$CsЭкипажаСУММ := \sum CsЭкипажа = 150$ Общая сумма расходов на зарплату экипажу на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$$K5 := Pr\text{Страхование} \cdot Sk\text{Итого} + 100$$

$$Cs\text{Страх}_j := K5 \quad \text{Ежегодные расходы на страхование судна, млн. руб.}$$

$$Cs\text{Страх}_0 := 0 \quad \text{Расходы на страхование судна за год строительства судна, млн. руб}$$

$$Cs\text{Страх}_1 := 0 \quad \text{Расходы на страхование судна за год утилизации судна, млн. руб}$$

Ежегодное распределение расходов на страхование судна на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$$(Cs\text{Страх})^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0	0	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	...

$$Cs\text{СтрахСУММ} := \sum Cs\text{Страх} = 19.262 \quad \text{Общая сумма расходов на страхование судна на период всей эксплуатации судна, млн. руб}$$

$$K6 := Pr\text{Администр.} \cdot (CSP\text{ремонтИСодерж} + Cs\text{Экипажа}) + 100$$

$$Cs\text{Админ}_j := K6_j \quad \text{Ежегодные расходв на администрирование, млн. руб.}$$

$$Cs\text{Админ}_0 := 0 \quad \text{Расходы на администрирование за год строительства судна, млн. руб}$$

$$Cs\text{Админ}_1 := 0 \quad \text{Расходы на администрирование за год утилизации судна, млн. руб}$$

Ежегодное распределение расходов на администрирование судна на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$$Cs\text{Админ}^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0	0	0.56	0.56	0.64	0.56	1.12	0.64	0.56	0.56	0.64	1.12	0.56	0.64	0.56	...

$$Cs\text{АдминСУММ} := \sum Cs\text{Админ} = 17.44 \quad \text{Общая сумма расходов на администрирование судна на период всей эксплуатации судна, млн. руб}$$

Исходные данные для расчет расходов на топливо

$$q\text{Вылов} := 2.5 \quad \text{Средний вылов, т/час (статистическое значение)}$$

$$k\text{Пульпы} := 2 \quad \text{Кэффициент пульпы}$$

$$N\text{НаПереход} := 85 \quad \text{Мощность на ходу, \% (по прототипу)}$$

$$N\text{НаТралении} := 100 \quad \text{Мощность на тралении, \%}$$

$$T\text{ДнейВГоду} := 365 \quad \text{Количество дней в году, сут}$$

$$k\text{СуднаВнеЭксплуат} := 5 \quad \text{Процент нахождения судна вне эксплуатации, проц (статистическое значение)}$$

$$k\text{СуднаВПорту} := 20 \quad \text{Процент нахождения судна в порту, проц (статистическое значение)}$$

$$C\text{Топлива} := 48300 \quad \text{Цена за тонну судового топлива, руб [18]}$$

Расчет расходов на топливо

$$T\text{ДнейВнеЭксплуат1} := \frac{k\text{СуднаВнеЭксплуат}}{100} \cdot T\text{ДнейВГоду} = 18.25 \quad \text{Количество дней в году вне эксплуатации, сут}$$

$$T\text{ДнейВнеЭксплуат} := \text{ceil}(T\text{ДнейВнеЭксплуат1}) = 19 \quad \text{Округление в большую сторону}$$

$$T\text{ДнейВПорту1} := k\text{СуднаВПорту} \cdot T\text{ДнейВГоду} \div 100 = 73 \quad \text{Количество дней в порту, сут}$$

$$T\text{ДнейВПорту} := \text{ceil}(T\text{ДнейВПорту1}) = 73 \quad \text{Округление в большую сторону}$$

$$T\text{Рабочее} := T\text{ДнейВГоду} - (T\text{ДнейВнеЭксплуат} + T\text{ДнейВПорту}) = 273 \quad \text{Рабочее время в году, сут}$$

$$Q\text{Рыбы} := P15 \div (k\text{Пульпы} + 1) = 37.952 \quad \text{Максимальное количество рыбы, помещаемое в трюм, т}$$

$$T\text{Траления} := Q\text{Рыбы} \div (q\text{Вылов} \cdot 24) = 0.633 \quad \text{Время полного облова трюма, сут}$$

$$T\text{Перехода} := \frac{R}{v_s \cdot 24} \cdot 1.1 = 0.439 \quad \text{Время перехода до (или от) максимально удаленного места промысла, сут (10\% морского запаса)}$$

$$T\text{Цикла} := T\text{Траления} + 2 \cdot T\text{Перехода} = 1.51 \quad \text{Время необходимое на полный цикл работы судна (до места промысла - траление до заполнения трюма - до порта)}$$

$$T_{\text{ау}} := 24 \div 24 = 1 \quad \text{Срок хранения рыбы, сут.}$$

$TЦГ := \begin{cases} \text{if } (TЦикла - TПерехода) \leq \tau_{au} \\ \quad TЦ \leftarrow TЦикла \\ \quad TТраления \leftarrow \frac{Q_{Рыбы}}{q_{Вылов} \cdot 24} \\ \text{otherwise} \\ \quad TТраления \leftarrow \tau_{au} - TПерехода \\ \quad TЦ \leftarrow TТраления + 2 \cdot TПерехода \\ \text{конес} \leftarrow (TТраления \quad TЦ)^T \end{cases}$

Ввиду того, что рыба в трюме может храниться не более суток, то вводится дополнительное ограничение: время с начала траления судна вместе с временем перехода до порта должно быть не более суток. В связи с этим, судно не всегда может заполнить весь трюм, иначе рыба будет портиться

$TЦГ^T = (0.561 \quad 1.439)$

$TТраления := TЦГ_0 = 0.561$ Истинное время траления судна, сут
 $TЦикла := TЦГ_1 = 1.439$ Истинное время полного цикла работы судна, сут
 $Q_{Рыбы} := TТраления \cdot q_{Вылов} \cdot 24 = 33.67$ Истинное количество выловленной за один цикл рыбы, т
 $k_{Траления} := TТраления \div TЦикла = 0.39$ Доля траления в цикле
 $k_{Перехода} := (2 \cdot TПерехода) \div TЦикла = 0.61$ Доля перехода в цикле
 $n_{Циклов} := Tрабочее \div TЦикла = 190$ Число циклов за год
 $TТраленияВГод := n_{Циклов} \cdot k_{Траления} = 74.001$ Время траления в год, сут
 $TПереходаВГод := n_{Циклов} \cdot k_{Перехода} = 115.736$ Время переходов в год, сут

$m_{ТопливаНаТраление} := \frac{g_{eHгд} (TТраленияВГод \cdot 24) \cdot N_{tral}}{1000000} = 170$

Масса топлива в год на ГД на траление, т

$m_{ТопливаНаПереход} := \frac{g_{eHгд} (TПереходаВГод \cdot 24) \cdot N_p}{1000000} = 258$

Масса топлива в год на ГД на переход, т

$m_{ТопливаНаВДГТраление} := \frac{g_{eНадг1} (TТраленияВГод \cdot 24) \cdot Надг1 \cdot 0.754}{1000000} = 55.44$

Масса топлива в год, необходимая для работы ВДГ при тралении, т

$m_{ТопливаНаВДГ1Переход} := \frac{g_{eНадг1} (TПереходаВГод \cdot 24) \cdot Надг1 \cdot 0.82}{1000000} = 94.3$

Масса топлива в год, необходимая для работы ВДГ при переходах, т.

$m_{ТопливаВГод} := m_{ТопливаНаТраление} + m_{ТопливаНаПереход} + m_{ТопливаНаВДГТраление} + m_{ТопливаНаВДГ1Переход} = 578$

Масса топлива для работы судна в год, т

$C_s_{ТопливаВГод} := \frac{m_{ТопливаВГод} \cdot C_{Топлива}}{1000000} = 27.915$

Стоимость топлива в год, млн. руб

$C_s_{Топливо_j} := C_s_{ТопливаВГод}$

Ежегодные расходы на топливо, млн. руб.

$C_s_{Топливо_0} := 0$

Расходы на топливо в первый год строительства, млн. руб

$C_s_{Топливо_1} := 0$

Расходы на топливо в год утилизации судна, млн. руб

Ежегодное распределение расходов на топливо на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$C_s_{Топливо}^T =$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	27.915	27.915	27.915	27.915	27.915	27.915	27.915	27.915	27.915	...

$C_s_{ТопливоСУММ} := \sum C_s_{Топливо} = 697.875$

Общая сумма расходов на топливо на период всей эксплуатации судна, млн. руб

Исходные данные для расчета расходов на замену оборудования [15, с. 13-14]

$C_{\text{Ваера}} := 0.17$	Замена ваеров, млн. руб (по данным рыболовцевких компаний КО)
$T_{\text{Ваеров}} := 3$	Периодичность, лет
$C_{\text{Трал}} := 1.69$	Замена трала, млн. руб (по данным рыболовцевких компаний КО)
$T_{\text{Трала}} := 5$	Периодичность, лет
$C_{\text{Кабеля}} := 0.04$	Замена кабелей, млн. руб (по данным рыболовцевких компаний КО)
$T_{\text{Кабеля}} := 0.5$	Периодичность, лет
$C_{\text{Доски}} := 0.42$	Замена траловых досок, млн. руб (по данным рыболовцевких компаний КО)
$T_{\text{Доски}} := 10$	Периодичность, лет

Расчет расходов на замену оборудования

$CS_{\text{Ваера}} :=$	$\begin{aligned} & \text{KK4}_0 \leftarrow 0 \\ & i \leftarrow 1 \\ & \text{while } i < T_{\text{ЭксплуатРасч}} - 1 \\ & \quad \text{KK4}_i \leftarrow C_{\text{Ваера}} \text{ if } \text{mod}(i, T_{\text{Ваеров}}) = 0 \\ & \quad \text{KK4}_i \leftarrow 0 \text{ otherwise} \\ & \quad i \leftarrow i + 1 \\ & \text{KK4}_{T_{\text{ЭксплуатРасч}}-1} \leftarrow 0 \\ & \text{KK4} \end{aligned}$	$CS_{\text{Доски}} :=$	$\begin{aligned} & \text{KK6}_0 \leftarrow 0 \\ & i \leftarrow 1 \\ & \text{while } i < T_{\text{ЭксплуатРасч}} - 1 \\ & \quad \text{KK6}_i \leftarrow C_{\text{Доски}} \text{ if } \text{mod}(i, T_{\text{Доски}}) = 0 \\ & \quad \text{KK6}_i \leftarrow 0 \text{ otherwise} \\ & \quad i \leftarrow i + 1 \\ & \text{KK6}_{T_{\text{ЭксплуатРасч}}-1} \leftarrow 0 \\ & \text{KK6} \end{aligned}$
$CST_{\text{Трал}} :=$	$\begin{aligned} & \text{KK5}_0 \leftarrow 0 \\ & i \leftarrow 1 \\ & \text{while } i < T_{\text{ЭксплуатРасч}} - 1 \\ & \quad \text{KK5}_i \leftarrow C_{\text{Трал}} \text{ if } \text{mod}(i, T_{\text{Трала}}) = 0 \\ & \quad \text{KK5}_i \leftarrow 0 \text{ otherwise} \\ & \quad i \leftarrow i + 1 \\ & \text{KK5}_{T_{\text{ЭксплуатРасч}}-1} \leftarrow 0 \\ & \text{KK5} \end{aligned}$	$CS_{\text{Кабеля}} :=$	$\begin{aligned} & \text{KK6}_0 \leftarrow 0 \\ & i \leftarrow 1 \\ & \text{while } i < T_{\text{ЭксплуатРасч}} - 1 \\ & \quad \text{KK6}_i \leftarrow 2 \cdot C_{\text{Кабеля}} \text{ if } \text{mod}(i, T_{\text{Кабеля}}) = 0 \\ & \quad \text{KK6}_i \leftarrow 0 \text{ otherwise} \\ & \quad i \leftarrow i + 1 \\ & \text{KK6}_{T_{\text{ЭксплуатРасч}}-1} \leftarrow 0 \\ & \text{KK6} \end{aligned}$

Ежегодное распределение расходов на замену ваеров на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$CS_{\text{Ваера}}^T =$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	0	0	0	0	0.17	0	0	0.17	0	0	0.17	0	0	0.17	0	0	0.17	...

 $CS_{\text{Ваера}} \text{СУММ} := \sum CS_{\text{Ваера}} = 1.36$

Общая сумма расходов на замену ваеров на период всей эксплуатации судна, млн. руб

Ежегодное распределение расходов на замену тралов на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$CST_{\text{Трал}}^T =$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	0	0	0	0	0	0	1.69	0	0	0	0	1.69	0	0	0	0	1.69	...

 $CST_{\text{Трал}} \text{СУММ} := \sum CST_{\text{Трал}} = 8.45$

Общая сумма расходов на замену тралов на период всей эксплуатации судна, млн. руб

Ежегодное распределение расходов на замену кабелей на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$$CS_{\text{Кабеля}}^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 \\ \hline 0 & 0 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & 0,08 & \dots \end{array}$$

$$CS_{\text{Кабеля}}^{\text{СУММ}} := \sum CS_{\text{Кабеля}} = 2 \quad \text{Общая сумма расходов на замену кабелей на период всей эксплуатации судна, млн. руб}$$

Ежегодное распределение расходов на замену траловых досок на период всей эксплуатации судна, млн. руб

$$CS_{\text{Доски}}^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,42 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \end{array}$$

$$CS_{\text{Доски}}^{\text{СУММ}} := \sum CS_{\text{Доски}} = 0,84 \quad \text{Общая сумма расходов на замену траловых досок на период всей эксплуатации судна, млн. руб}$$

Исходные данные для расчета стоимости вылова [15, с. 10]

$k_{\text{КилькиДляПромПер}} := 9,8$	Процент кильки для промышленной переработки, %
$k_{\text{Кильки2Сорт}} := 14,7$	Процент кильки 2 сорта, %
$k_{\text{Кильки1Сорт}} := 24,5$	Процент кильки 1 сорта, %
$k_{\text{КилькиЛетняя}} := 21,0$	Процент кильки летней на корм, %
$k_{\text{Салака}} := 17,5$	Процент салаки, %
$k_{\text{СалакиЛетняя}} := 7,5$	Процент салаки летней, %
$k_{\text{Треска}} := 3$	Процент трески, %
$k_{\text{Камбала}} := 2$	Процент камбалы, %
$S_{\text{КилькиДляПромПереработки}} := 20$	Цена кильки для промышленной переработки, руб/кг
$S_{\text{Кильки2Сорт}} := 24$	Цена кильки 2 сорта, руб/кг
$S_{\text{Кильки1Сорт}} := 30$	Цена кильки 1 сорта, руб/кг
$S_{\text{КилькиЛетняя}} := 11,5$	Цена кильки летней на корм, руб/кг
$S_{\text{Салака}} := 32,5$	Цена салаки, руб/кг
$S_{\text{СалакиЛетняя}} := 11,5$	Цена салаки летней, руб/кг
$S_{\text{Треска}} := 30$	Цена трески, руб/кг
$S_{\text{Камбала}} := 60$	Цена камбалы, руб/кг

Расчет стоимости вылова

$$Q_{\text{РыбыВГод}} := Q_{\text{Рыбы}} \cdot n_{\text{Циклов}} = 6389 \quad \text{Общее количество вылова за год, т}$$

Годовая выручка от кильки для промышленной переработки, млн. руб

$$C_{\text{КилькиДляПромПер}} := Q_{\text{РыбыВГод}} \cdot \frac{k_{\text{КилькиДляПромПер}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{КилькиДляПромПереработки}}}{1000} = 12,521$$

$$C_{\text{Кильки2Сорт}} := Q_{\text{РыбыВГод}} \cdot \frac{k_{\text{Кильки2Сорт}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{Кильки2Сорт}}}{1000} = 22,539 \quad \text{Годовая выручка от кильки 2 сорта, млн. руб}$$

$$C_{\text{Кильки1Сорт}} := Q_{\text{РыбыВГод}} \cdot \frac{k_{\text{Кильки1Сорт}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{Кильки1Сорт}}}{1000} = 46,955 \quad \text{Годовая выручка от кильки 1 сорта, млн. руб}$$

$$C_{\text{КилькиЛетняя}} := Q_{\text{РыбыВГод}} \cdot \frac{k_{\text{КилькиЛетняя}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{КилькиЛетняя}}}{1000} = 15,428 \quad \text{Годовая выручка от кильки летней на корм, млн. руб}$$

$$C_{\text{Салака}} := Q_{\text{РыбыВГод}} \cdot \frac{k_{\text{Салака}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{Салака}}}{1000} = 36,335 \quad \text{Годовая выручка от салаки, млн. руб}$$

$$C_{\text{СалакиЛетняя}} := Q_{\text{РыбыВГод}} \cdot \frac{k_{\text{СалакиЛетняя}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{СалакиЛетняя}}}{1000} = 5,51 \quad \text{Годовая выручка от салаки летней, млн. руб}$$

$$C_{\text{Треска}} := Q_{\text{РыбыВГод}} \cdot \frac{k_{\text{Треска}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{Треска}}}{1000} = 0,575 \quad \text{Годовая выручка от трески, млн. руб}$$

$$C_{\text{Камбала}} := Q_{\text{РыбыВГод}} \cdot \frac{k_{\text{Камбала}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{Камбала}}}{1000} = 0,25554 \quad \text{Годовая выручка от камбалы, млн. руб}$$

Годовая выручка, всего, млн. руб

$$Q_{\text{ВыручкаВГод}} := C_{\text{КилькиДляПромПер}} + C_{\text{Кильки2Сорт}} + C_{\text{Кильки1Сорт}} + C_{\text{КилькиЛетняя}} \dots = 140.119 \\ + C_{\text{Салака}} + C_{\text{СалакиЛетняя}} + C_{\text{Треска}} + C_{\text{Камбала}}$$

$$Q_{\text{Выручка}}_j := Q_{\text{ВыручкаВГод}}$$

$$Q_{\text{Выручка}}_0 := 0 \quad \text{Выручка от рыбы в первый год строительства, млн. руб}$$

$$Q_{\text{Выручка}}_1 := 0 \quad \text{Выручка от рыбы в год утилизации судна, млн. руб}$$

Ежегодное распределение выручки от вылова рыбы за период всей эксплуатации судна, млн. руб

$Q_{\text{Выручка}}^T =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	0	0	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	...

$$Q_{\text{ВыручкаСУММ}} := \sum Q_{\text{Выручка}} = 3503 \quad \text{Общая сумма выручки от вылова рыбы за период всей эксплуатации судна, млн. руб}$$

Исходные данные для расчета сборов на вылов рыбы [19]

$$P_{\text{ТСборЗаКильку}} := 20 \quad \text{Сбор за вылов кильки в Балтийском море, руб за 1 т.}$$

$$P_{\text{ТСборЗаСалаку}} := 20 \quad \text{Сбор за вылов салаки в Балтийском море, руб за 1 т.}$$

$$P_{\text{ТСборЗаТреску}} := 2500 \quad \text{Сбор за вылов трески в Балтийском море, руб за 1 т.}$$

$$P_{\text{ТСборЗаКамбалу}} := 50 \quad \text{Сбор за вылов камбалы в Балтийском море, руб за 1 т.}$$

Расчет сборов на вылов рыбы

Средняя цена в месяц за вылов кильки, млн. руб.

$$C_{\text{ЗаКилькуВГод}} := \frac{P_{\text{ТСборЗаКильку}}}{1000000} \cdot \left(Q_{\text{РыбыВГод}} \frac{k_{\text{КилькиДляПромПер}} + k_{\text{Кильки2Сорт}} \dots + k_{\text{Кильки1Сорт}} + k_{\text{КилькиЛетняя}}}{100} \right) = 0.08944$$

$$C_{\text{ЗаСалакуВГод}} := \frac{P_{\text{ТСборЗаСалаку}}}{1000000} \cdot \left(Q_{\text{РыбыВГод}} \frac{k_{\text{Салака}} + k_{\text{СалакиЛетняя}}}{100} \right) = 0.03194 \quad \text{Средняя цена в месяц за вылов салаки, млн. руб.}$$

$$C_{\text{ЗаТрескуВГод}} := \frac{P_{\text{ТСборЗаТреску}}}{1000000} \cdot \left(Q_{\text{РыбыВГод}} \frac{k_{\text{Треска}}}{100} \right) = 0.47914 \quad \text{Средняя цена в месяц за вылов трески, млн. руб.}$$

$$C_{\text{ЗаКамбалуВГод}} := \frac{P_{\text{ТСборЗаКамбалу}}}{1000000 \cdot 12} \cdot \left(Q_{\text{РыбыВГод}} \frac{k_{\text{Камбала}}}{100} \right) = 0.00053 \quad \text{Средняя цена в месяц за вылов трески, млн. руб.}$$

$$C_{\text{СборВГод}} := C_{\text{ЗаКилькуВГод}} + C_{\text{ЗаСалакуВГод}} \dots = 0.601 \quad \text{Сбор за оплату вылова биоресурсов в год, млн. руб.}$$

$$+ C_{\text{ЗаТрескуВГод}} + C_{\text{ЗаКамбалуВГод}}$$

$$C_{\text{Сбор}}_j := C_{\text{СборВГод}}$$

$$C_{\text{Сбор}}_0 := 0 \quad \text{Затраты на сбор от вылова в первый год строительства, млн. руб}$$

$$C_{\text{Сбор}}_1 := 0 \quad \text{Затраты на сбор от вылова в год утилизации судна, млн. руб}$$

Ежегодное распределение расходов на сборы от вылова рыбы за период всей эксплуатации судна, млн. руб

$C_{\text{Сбор}}^T =$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0	0	0.601	0.601	0.601	0.601	0.601	0.601	0.601	0.601	0.601	0.601	0.601	...

$$C_{\text{СборСУММ}} := \sum C_{\text{Сбор}} = 15 \quad \text{Общая сумма расходов на сборы от вылова рыбы за период всей эксплуатации судна, млн. руб}$$

Исходные данные для расчета выручки от сдачи судна на металл

$$C_{\text{СдачиНаМеталл}} := 10 \quad \text{Стоимость килограмма стали при приеме на металлолом, руб/кг}$$

Расчет сдачи судна на металл

$$Q_{\text{Спис1}} := \frac{C_{\text{СдачиНаМеталл}} \cdot P01 \cdot 1000}{1000000} = 1.18$$

Выручка от сдачи корпуса судна на металлолом, млн. руб.

$$Q_{\text{Спис}_j} := 0$$

Выручка от сдачи судна на металлолом в период работы судна, млн. руб

$$Q_{\text{Спис}_1} := Q_{\text{Спис1}}$$

Выручка от сдачи судна на металл год утилизации судна, млн. руб

Ежегодное распределение выручки от сдачи судна на металл за период всей эксплуатации судна, млн. руб

$$Q_{\text{Спис}}^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...

$$Q_{\text{СписСУММ}} := \sum Q_{\text{Спис}} = 1.18$$

Общая сумма выручки от сдачи судна на металл за период всей эксплуатации судна, млн. руб

Исходные данные для расчета критериев экономики [15, с.15]

$$\text{СтавкаДисконт} := 12$$

Ставка дисконтирования, проц

Расчет критериев экономики

$$CS := C_{\text{СРемонтИСодерж}} + C_{\text{СЭкипажа}} + C_{\text{ССтрах}} + C_{\text{САдмин}} \dots \\ + C_{\text{СТопливо}} + C_{\text{СВаера}} + C_{\text{СТрал}} + C_{\text{СКабеля}} + C_{\text{СДоски}} + C_{\text{ССбор}}$$

Ежегодное распределение эксплуатационных расходов на работу судна за период его эксплуатации, млн. руб

$$CS^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	0	0	36.927	36.927	38.177	36.927	46.177	38.177	36.927	36.927	38.177	...

$$C_{\text{С}}^{\text{СУММ}} := \sum CS = 980$$

Общая сумма эксплуатационных расходов за все время эксплуатации судна, млн. руб

Ежегодное распределение выручки от работы судна за период его эксплуатации, млн. руб

$$Q := Q_{\text{Спис}} + Q_{\text{Выручка}}$$

$$Q^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	0	0	140.119	140.119	140.119	140.119	140.119	140.119	140.119	140.119	...

$$Q_{\text{С}}^{\text{СУММ}} := \sum Q = 3504$$

Общая сумма выручки от работы судна за все время эксплуатации судна, млн. руб

$$\text{ДенПот} := Q - (CS + Sk)$$

Денежный поток, млн. руб

$$\text{ДенПот}^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	0	-43.917	68.787	70.117	70.197	72.777	64.857	74.187	76.767	103.192	...

$$i := 0..1$$

$$DCF_i := \text{ДенПот}_i \div \left(1 + \frac{\text{СтавкаДисконт}}{100} \right)^i$$

Расчет дисконтированного денежного потока, млн. руб.

$$DCF_{\text{Итог}} := \sum DCF - DCF_0 = 653$$

Дисконтированный денежный поток, млн. руб

$$NPV := \sum DCF = 609$$

Чистый дисконтированный доход, млн. руб.

$$C_{\text{С}}^{\text{ВГод}} := \frac{C_{\text{С}}^{\text{СУММ}}}{T_{\text{Эксплуат}}} = 39.2$$

Эксплуатационные затраты в год, млн. руб.

$$F_{\text{кар}} := \frac{Q_{\text{ВыручкаВГод}} - C_{\text{С}}^{\text{ВГод}}}{Sk_{\text{СУММ}}} = 0.39291$$

Эффективность капиталовложений

Размерения судна и его экономика

$v_s = 9.4$ $V_{тр} = 110.97$	Скорость хода на свободном ходу, уз. Объем трюма, м ³
$L = 21.52$ $B = 7.65$ $H = 5.28$ $T = 3.15$	Длина судна, м Ширина судна, м Высота борта судна, м Осадка судна, м
$\delta = 0.585$ $\alpha = 0.861$ $\beta = 0.8$ $\varphi = 0.732$	Коэффициент общей полноты Коэффициент полноты ватерлинии Коэффициент полноты мидель-шпангоута Коэффициент продольной полноты
$N_{гд} = 480$ $N_p = 463.906$ $N_{трал} = 480$	Мощность ГД, кВт Мощность на переходах, кВт Мощность на тралении, кВт
$DCF_{итог} = 653$ $NPV = 609$	Дисконтированный денежный поток, млн. руб. Чистый дисконтированный доход, млн. руб.
$S_k СУММ = 256.8$ $Q_{ВыручкаВГод} = 140.1$ $C_s ВГод = 39.2$	Строительная стоимость судна, млн. руб. Производительность судна за год, млн. лет. Эксплуатационные затраты в год, млн. руб.
$F_{кар} = 0.39291$	Эффективность капиталовложений

ПРИЛОЖЕНИЕ К
(рекомендуемое)

Техническое задание на эскизное проектирование малого промыслового судна для акватории Балтийского моря

1. Назначение и тип судна

Малый наливной рыболовный траулер с кормовой схемой траления предназначен для круглогодичного лова салаки, кильки, трески и камбалы донными и пелагическими тралами, транспортировки улова наливом и сдачи его в охлаждённом виде.

Предусмотреть возможность прохождения практики моряками-стажерами.

2. Основные правила и требования, которым должно удовлетворять судно
Судно должно соответствовать следующим Правилам, Конвенционным требованиям и нормам:

- Правила классификации и постройки морских судов. РМРС;
- Правила по оборудованию морских судов. РМРС;
- Правила по грузоподъёмным устройствам морских судов. РМРС;
- Правила о грузовой марке морских судов. РМРС;
- Правила обмера морских судов. РМРС, 2006 г.;
- Международная конвенция по обмеру судов 1969 г. (КОС-69);
- Конвенция по защите морской среды Балтийского моря с Поправками 1980 и 1981 г.;
- Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) изд. 2000 г с поправками (бюллетени по № 12 включительно);
- Правила по предотвращению загрязнений с судов, эксплуатирующийся в морских районах и на внутренних водных путях Российской Федерации, изд. 2014 г.;

- Международные правила предупреждения столкновения судов в море, 1972 г. (МППСС-72) с поправками 1981 и 1987 г.;
- Наставление по предупреждению аварий и борьбе за живучесть судов флота рыбной промышленности СССР 1983 г. (НБЖР-80) в согласованном объёме;
- Правила техники безопасности на судах флота рыбной промышленности СССР, 1991 г.;
- Правила пожарной безопасности на судах флота рыбной промышленности и рыболовецких колхозов;
- Санитарные правила для морских судов промыслового флота СССР, утв. 22.12.1977 №1814-77 (в ред. от 18.06.1987);
- СН 2.5.2.047-96 Уровни шума на морских судах;
- СН 2.5.2.048-96 Уровни вибрации на морских судах;
- СанПиН 2.5.2/2.2.4 1989-06. Электромагнитные поля на плавательных средствах и морских сооружениях. Гигиенические требования безопасности. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы;
- Правила по защите от статического электричества на морских судах, изд. 1973г.;
- Правила международной связи ГМССБ;
- Международная конвенция по радиосвязи 1982 г. и 1987 г.;
- Международный регламент радиосвязи 1987 г.;
- Международный кодекс по охране судов и портовых средств (ОСПС);
- Федеральный закон № 16-ФЗ о транспортной безопасности;
- РДЗ1.28.10-97 Комплексные методы защиты судовых конструкций от коррозии;
- РДЗ1.64.26-00 Нормы и правила обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) на морских подвижных объектах и методы комплексной оценки ЭМС;

– ОСТ 15.210-99...ОСТ15.217-79 Система стандартов безопасности труда. Суда промыслового флота. Требования безопасности к общему расположению;

– РД31.00.14-97 Нормы снабжения инвентарным имуществом и инструментом. Суда морского флота.

Примечание: Стандарты, инструкции, правила, конвенции и нормы принимаются с учетом изменений и дополнений, действующих на дату подписания Договора.

3. Архитектурно-конструктивный тип судна

Цельносварное, стальное, одновинтовое морское судно, с дизель-редукторной энергетической установкой, с винтом регулируемого шага в поворотной насадке с неподвижным стабилизатором, со средним, смещенным в нос, расположением объединенной промыслово-ходовой рубки, с кормовым расположением машинного отделения, с грузовым трюмом - танком, с кормовым полуслипом, с транцевой кормой и наклонным форштевнем с бульбообразными обводами.

4. Район, дальность плавания и автономность

Район плавания ограниченный R2-RSN - R2-RSN–смешанное (река-море) плавание на волнении с высотой волны 3-процентной обеспеченности 6,0 м, с удалением от места убежища:

в открытых морях не более 50 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 100 миль;

в закрытых морях не более 100 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 200 миль.

Судно предназначено для круглогодичной эксплуатации в незамерзающих морях, в том числе в ледовых условиях в соответствии с ледовым классом Ice2.

Эксплуатация судна предусмотрена при температурах воздуха в диапазоне от 30 до минус 25°C, воды – от минус 4 до 20°C.

Автономность судна по запасам пресной воды, провизии, топлива, масла и условиям экологической безопасности составляет около 10 суток.

Плановая продолжительность рейса – 6 суток.

5. Класс и категория судна

Судно должно проектироваться и строиться на класс Российского Морского Регистра Судоходства (далее - РС или классификационное общество):

КМ★Ice2 R2-RSN AUT3 Fishing vessel

В соответствие с «Санитарными правилами для морских судов промышленного флота» судно должно относиться к IV категории – судно ограниченного района плавания с удалением от берега или от обслуживающей плавучей базы до 100 миль длиной от 12 до 24 м включительно при численности экипажа не более 15 человек.

6. Скорость хода и мореходность судна.

Скорость хода при осадке по летнюю грузовую ватерлинию, при 85% мощности главного двигателя, свежеекрашенном, чистом от обрастания корпусе, в условиях испытаний на мерной миле по РД5.036-82, должна составлять не менее 10 узлов.

Скорость хода на тралении при осадке по летнюю грузовую ватерлинию, при 85% мощности главного двигателя, свежеекрашенном, чистом от обрастания корпусе, должна составлять не менее 4 узлов, при этом тяга «на гаке» должна составлять не менее 6 тс.

Судно должно обеспечить работу с тралами при состоянии моря до 4 баллов включительно в любое время суток и года.

Мореходные качества должны быть подтверждены результатами модельных испытаний в опытовом бассейне.

7. Требования к главным размерениям судна

Длина расчетная, м.....22,2;

Ширина расчетная, м.....7,80;

Во всех эксплуатационных случаях нагрузки судна должна быть обеспечена посадка с дифферентом 1,0 – 2,5 градуса на корму.

8. Состав (численность) экипажа и его размещение

Экипаж 6 чел.

Количество мест на судне – от 8 до 10.

Размещение экипажа предусмотреть в двухместных или трехместных каютах.

9. Требования к общему расположению, обитаемости, технике безопасности и санитарии

Общее расположение судна должно соответствовать назначению судна, принятой промысловой схеме и архитектурно-конструктивному типу судна.

Состав помещений, площади помещений, состав оборудования помещений, освещенность, уровни шума и вибрации должны удовлетворять требованиям соответствующих правил.

Для изоляции, обстройки, покрытий на судне необходимо применять нетоксичные, негорючие, безасбестовые материалы, одобренные к применению в судостроении надзорными органами.

10. Характер груза и требования к грузовместимости

Судно предназначено для перевозки 110 м³ груза наливом, состоящего из смеси пойманной рыбы и забортной воды (около 105 тонн) со льдом (около 5 тонн). Лед вырабатывается генератором жидкого льда, устанавливаемом на борту судна.

Грузовой трюм, вместимость 110 м³, должен быть заизолирован способом, согласованным с Заказчиком. Трюм должен быть разделён на три – четыре герметичных отсека.

Доступ для обслуживания и мойки отсеков грузового трюма должен быть предусмотрен через люки или быстросъёмные горловины.

Мойка отсеков грузового трюма должна осуществляться от пожарной магистрали с помощью пожарных рукавов.

Осушение отсеков трюма должно осуществляться из приёмных колодцев с помощью эжектора.

Погрузка улова в отсеки трюма должна осуществляться с помощью погружного центробежного насоса через водоотделитель по судовым рыбопроводам.

Выгрузка улова на береговую базу должна производиться по судовым рыбопроводам через водоотделитель с помощью вакуумной станции типа EUSKAN VS300-7.5 или аналогичной.

Предусмотреть возможность охлаждения рыбного трюма при помощи RSW-системы.

Специальные требования к промысловому и перерабатывающему оборудованию, рефрижерации, суточному улову, видовому составу улова, рыбопоисковой аппаратуре и др.

Для добычи рыбы на судне предполагается использовать промысловое оборудование в составе трала (сопротивлением 3,0 – 6,0 т), снабженного траловыми досками (площадью 3,0 – 3,5 м²). Траловые доски при помощи ваеров (тросов) кинематически связаны с промысловыми траловыми лебедками.

Траловый комплекс должен состоять из гидравлических лебедок с системой гидропривода низкого давления в составе:

2 шт. х (4–5 тонн) траловых (ваерных) лебедок с диаметром троса 16–18 мм;

1 шт. сетной барабан диаметром 2000 мм объёмом до 8 м³;

1 шт. х (3 тонн) вспомогательная лебедка для подтяжки кутка при лове трески;

1 шт. кабельная лебедка для датчика глубины трала.

Для грузовых операций должен быть предусмотрен палубный кран-манипулятор грузоподъёмностью около 9,5 кН на вылете в 8 м.

Основное оборудование и материалы для строительства судна принимаются по согласованному с Заказчиком "Перечню основного оборудования, материалов и поставщиков".

Требования к корпусным конструкциям

Конструкция и прочность корпуса должна соответствовать назначению, заданным условиям эксплуатации судна и удовлетворять требованиям Правил РС.

В качестве материала основного корпуса, надстройки, фундаментов под крупные механизмы принимаются стали категории РСА, предназначенные для судостроения и имеющие сертификат РС.

Корпус и надстройка должны иметь сварную конструкцию.

Судно должно быть оборудовано водонепроницаемыми переборками, количество которых должно соответствовать требованиям РС.

Корпус судна должен иметь усиления для плавания во льдах, соответствующие классу Ice 2.

Предусмотреть металлические привальные брусья и усиления транца и палубы траловой зоны.

Окраску поверхностей корпуса и надстройки выполнить окрасочными материалами по схемам, определяемым Поставщиком красок по согласованию с Заказчиком.

Для защиты наружных поверхностей корпуса ниже ватерлинии предусмотреть цинковую протекторную защиту.

Принять планируемый срок службы корпусных конструкций 25 лет.

Для обеспечения требуемой остойчивости допускается предусмотреть укладку твердого балласта (в коробчатый киль / двойное дно).

Требования к судовым устройствам

Подруливающие устройства на судне не предусматривать.

Рулевое устройство должно состоять из одной поворотной кольцевой насадки с неподвижным стабилизатором и электрогидравлической рулевой машины в соответствии с Правилами РС.

Якорное устройство должно соответствовать Правилам РС. Якорные механизмы должны быть не автоматическими с электроприводом или электрогидравлические.

Швартовное и буксирное устройства должны соответствовать Правилам РС.

Судно должно быть оборудовано групповыми и индивидуальными спасательными средствами в соответствии с Правилами РС.

Для несения сигнально-отличительных огней, фигур и другого оборудования предусмотреть необходимые мачты и стойки.

Требования к дельным вещам

Для сообщения экипажа судна с берегом и принятия людей на борт предусмотреть один трап-сходню длиной 3,0 м, а для посадки в плоты и приема лоцмана один переносной шторм-трап.

Прочие трапы в соответствии с Правилами РС.

Открытые палубы оборудовать стальными фальшбортами и леерными ограждениями из оцинкованной стали высотой 1100 мм.

Внутренние штормовые поручни в коридорах надстройки выполнить из полированной нержавеющей стали и установить их по одной стороне коридоров.

Двери, люки, крышки, иллюминаторы предусмотреть в соответствии с Правилами РС.

В рулевой рубке предусмотреть глухие и створчатые иллюминаторы с электрообогревными стеклами, щеточными стеклоочистителями по схеме, согласованной с Заказчиком.

Требования к судовым системам

Предусмотреть на судне судовые системы в соответствии с действующими нормами и правилами.

Требования к энергетической установке

В качестве главного двигателя предусмотреть установку дизель-редукторного агрегата (ДРА), состоящего из рядного высокооборотного четырехтактного нереверсивного рядного дизельного двигателя.

Мощность ДРА около 601 кВт (уточняется расчетом) должна обеспечивать скорость хода в режиме перехода не менее 10 узлов, тягу на швартовах

около 8,0 тс (уточняется расчетом) и скорость в режиме траления около 4 узлов.

Работу ГД предусмотреть на дизельном топливе по ГОСТ 305-82 с температурой вспышки не ниже 60°C. Пуск ГД электростартерный.

Для снабжения судна электроэнергией установить два дизель-генератора.

Дизель-генераторы – трехфазные 400 В, 50 Гц. Дизель-генераторы работают на дизельном топливе по ГОСТ 305-82. Пуск ДГ электростартерный.

Для аварийного снабжения судна электроэнергией предусмотреть необслуживаемые аккумуляторные батареи типа AGM или аналогичные. Пусковые аккумуляторы должны быть такими же.

Котельную установку предусмотреть в составе водогрейного котла.

Для обеспечения работы энергетической установки предусмотреть системы в соответствии с действующими нормами и правилами.

На судне предусмотреть одну валовую линию с малошумным винтом регулируемого шага в кольцевой поворотной насадке с неподвижным стабилизатором.

Применить открытую систему охлаждения и смазки валопровода забортовой водой и подшипников гребного вала типа «ТОРДОН», с уплотнением торцевого типа с пневмостопом.

Гребной винт бронзовый (NiAlBr) правого вращения при работе на передний ход (см. с кормы в нос).

Требования к электроэнергетической установке

Предусмотреть работу обоих ДГ на разделённые группы потребителей.

Предусмотреть кратковременную параллель с берегом и генераторами между собой.

Предусмотреть софтстартеры на электродвигатели мощностью от 7 кВт и выше.

Предусмотреть инвертор 8 кВт от 24 В на 220 В.

Предусмотреть автоматическое зарядное устройство 24 В / 30 А – 2 шт.

Предусмотреть пуск и мониторинг ДГ из МО и рубки.

Предусмотреть главный распределительный щит 380 В / 220 В.

Предусмотреть распределительный щит 24 В (основной + аварийный).

Предусмотреть освещение типа LED.

Предусмотреть видеомониторинг МО, трюма и верхней и промышленных палуб.

Предусмотреть установку необслуживаемых аккумуляторных батарей типа AGM или аналогичные, в соответствии с требованиями Правил РС.

Требования к автоматизации судовых технических средств

В соответствии с Правилами РС и классом судна.

Предусмотреть АПС машинного отделения (затопление, информацию по цистернам, пожарная сигнализация, рулевое устройство, состояние ответственных потребителей, состояние водогрейного котла, и т.д.).

Требования по средствам связи и навигационному оборудованию

Для обеспечения радиосвязи с морскими судами и береговыми радиостанциями на судне должны быть установлены средства радиосвязи, отвечающие требованиям конвенционного оборудования для плавания в морских районах A1+A2.

Средства связи, навигационное оборудование и их состав должны соответствовать требованиям РС в зависимости от валовой вместимости судна и района плавания.

Требования к защите окружающей среды

Конструкция корпуса, механизмов, оборудования и систем судна должна удовлетворять Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ 73/78.

Из условия обеспечения автономности по условиям экологической безопасности 10 суток предусмотреть на судне:

цистерну сбора нефтесодержащих вод;

цистерну сбора сточных и хозяйственно-бытовых вод;

контейнеры для сбора мусора.

Снабжение и запасные части

Снабжение и ЗИП в соответствии с правилами РС и объёма поставщиков оборудования.

Для палубных механизмов и приборов предусмотреть чехлы.