

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

На правах рукописи



ЗЫОНГ ВАН ТХАНЬ

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДИКА
ОПТИМИЗАЦИОННОГО ВЫБОРА ХАРАКТЕРИСТИК
РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ НАЛИВНОГО ТИПА ДЛЯ МОРСКОГО
РЫБОЛОВСТВА СРВ**

Специальность 05.08.03 –
Проектирование и конструкция судов

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Иванов Владимир Павлович

Калининград – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Информационная база и постановка задачи исследования	10
1.1. Анализ состояния сырьевой базы морского рыболовства СРВ и его промыслового флота.	10
1.2. Современные среднетоннажные наливные рыболовные суда и их характерные особенности.....	19
1.3. Анализ исследований по обоснованию характеристик и элементов рыболовных судов.....	26
1.4. Вопросы методологии диссертационного исследования.....	30
1.5. Цели и задачи диссертационного исследования.....	37
Глава 2. Реконструирование, технико-экономический анализ проектных и эксплуатационных характеристик рыболовных наливных судов.....	39
2.1. Реконструирование и исследование характеристик вместимости среднетоннажных рыболовных наливных судов.....	40
2.2. Главные размерения и форма корпуса современных среднетоннажных рыболовных наливных судов.....	53
2.3. Энерговооруженность современных среднетоннажных рыболовных наливных судов	58
2.4. О характеристиках остойчивости современных рыболовных наливных судов	63
2.5. Анализ влияния характеристик наливных рыболовных судов на их эффективность	75
Основные результаты по главе 2	83
Глава 3. Математическое моделирование наливных рыболовных судов и их эксплуатации.....	85
3.1. Концепции среднетоннажных наливных рыболовных судов для морского рыболовства Вьетнама.....	85
3.2. Эксплуатационный блок модели наливных рыболовных судов.....	89

3.3. Технический блок модели наливных рыболовных судов для задач оптимизации его характеристик	95
3.4. Модель оптимизации характеристик наливных рыболовных судов как программный продукт	101
Основные результаты по главе 3	103
Глава 4. Методика оптимизационного выбора характеристик НРС и результаты оптимизационных исследований.....	104
4.1. Отбор судов-претендентов.....	104
4.2. Оптимизационные исследования характеристик наливных рыболовных судов	110
4.3. Пример оптимизации характеристик судна-претендента.....	120
Основные результаты по главе 4	125
Заключение	126
Условные обозначения и принятые сокращения	128
Список литературы	133
Приложение А. Характеристики наливных рыболовных судов	142
Приложение Б. Результат реконструирования наливных рыболовных судов ..	160
Приложение В. Расчет критического аппликата центра тяжести z_{gkr} по частным критериям в Maxsurf.....	162
Приложение Г. Расчет для задачи анализа влияния основных характеристик НРС на их эффективности.....	167
Приложение Д. Расчет для задачи оптимизационного исследования характеристик НРС	168
Приложение Е. Программа оптимизации характеристик морских наливных рыболовных судов способом постоянных размерений (MoНРС).....	171
Приложение Ж. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ	181
Приложение Й. Акт внедрении результатов диссертационной работ	182

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы.

В 21-м веке рыбохозяйственная отрасль Вьетнама стала одной из ведущих отраслей его народного хозяйства, нацеленной на обеспечение внутреннего потребления и на экспорт рыбной продукции, где страна устойчиво занимает передовые позиции в мире. Благоприятные условия прибрежного рыболовства обусловили его бурное развитие с использованием, в основном, маломерных судов (МмРС) ремесленного производства, доставлявших улов на берег в охлажденном виде в битом льду. Резкий рост количества МмРС привел к сокращению прибрежных сырьевых ресурсов и к более интенсивному и эффективному освоению районов морского рыболовства. Между тем за минувшие два-три десятилетия в мировом рыболовстве нашла применение относительно новая и развивающаяся концепция рыболовных судов наливного типа (НРС). С учетом целого комплекса особенностей, НРС определяются как отдельная характерная категория рыболовных судов. Научно-техническая информация по ним до сих пор остается фактически коммерческой тайной частных фирм и в открытой печати представляется, в основном, на уровне рекламных иллюстрированных материалов. В ряде регионов рыболовства НРС относятся к разряду высокоэффективных судов. Соответственно последовательное развитие отрасли страны предопределяет необходимость осуществления технико-экономического анализа (ТЭА) их эксплуатации и комплекса исследований для оптимизационного выбора их характеристик применительно к технико-экономическим условиям (ТЭУ) морского рыболовства СРВ для решения задач пополнения отечественного флота, его модернизации и проектирования. Разработка соответствующего оптимизационного аппарата с его программным и методическим обеспечением рассматривается как неременное условие последующего эффективного использования НРС в заданных ТЭУ эксплуатации. Данное направление исследований входит в круг актуальных

проблем Программы Министерства Науки и Технологии СРВ по дальнейшему развитию ее промышленного рыболовства и промыслового судостроения.

Степень разработанности темы. Методика оптимизации проектных характеристик НРС базируется на общей теории проектирования судов, системном подходе и методах оптимизации с использованием классических трудов по проектированию судов В.В. Ашика, А.В. Бронникова, А.И. Гайковича, Г.Ф. Демешко, А.И. Захарова, В.А. Зуева, Л.М. Ногида, А.А. Нарусбаева, В.М. Пашина, Е.П. Роннова, Б.А. Царева, П.А. Шауба. В части проектирования рыболовных судов автор опирался на работы В.П. Иванова, А.И. Ракова, Н.Б. Севастьянова, а также Г.В. Аракельяна, М.В. Войлошникова, Е.В. Маслюка, К.Ч. Мая, М.В. Набикановой, Д.Т. Нго. По вопросам анализа эксплуатации рыболовных судов и тенденций их развития использованы публикации В.И. Аполлинариева, В.Е. Астахова, И.В. Беликовой, С.И. Белкина, Э.О. Егорова, Е.В. Каменского, Л.П. Коршунова, Ю.Л. Макова, Д.Д. Наумова, В.А. Романова, В.В. Ярисова и др. Из зарубежных изданий использованы работы Apostolos Papanikolaou, H. Schneekluth, D.G.M. Watson и др. При сборе сведений по современным НРС использованы сайты проектных организаций страны северной Европы. При сборе сведений по современным НРС использованы материалы на сайтах проектных организаций страны северной Европы и также ежегодный отчет в секторе рыбопромышленности STECF (научно-технический и экономический комитет по рыболовству ЕС) и ФАО.

Объект исследования – современные НРС и методика технико-экономического обоснования их характеристик.

Предмет исследования – концепция и технические характеристики современных рыболовных судов и способы их проектного анализа.

Целью исследования является разработка методики оптимизационного выбора характеристик среднетоннажных рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства Вьетнама.

Задачи исследования. Достижение поставленной цели предполагает решение ряда задач, основными из которых являются:

- разработка предложений по методологической концепции развития морского рыболовства Вьетнама на базе НРС,
- реконструирование, статистический и технико-экономический анализ проектных и эксплуатационных характеристик современных НРС,
- математическое моделирование НРС и их эксплуатации с разработкой аппарата для обеспечения их эффективности и конкурентоспособности,
- оптимизационный анализ характеристик НРС для условий морского рыболовства Вьетнама,
- разработка методического обеспечения для осуществления экономической экспертизы судов и оптимизационного выбора их характеристик.

Методы исследований. Для решения поставленных задач использовались методы теории проектирования судов, математической статистики и регрессионного анализа, математического моделирования сложных систем, численного математического эксперимента, экономического анализа и оптимизации, а также стандартные возможности корабельной программы Maxsurf MathCad, MS Excel, и других.

Научная новизна исследований определяется тем, что:

1. Объектом выполненных исследований являются суда относительно новой, в открытой научной печати практически не освещаемой, характерной и развивающейся концепции рыболовных судов наливного типа.
2. С использованием результатов проведенного реконструирования параметров проектирования ряда современных НРС, выполнен комплексный анализ их характеристик, элементов, вместимости, остойчивости и эффективности.
3. Разработана математическая модель и ее программное обеспечение для осуществления экономической экспертизы НРС и оптимизации их характеристик для заданных ТЭУ их эксплуатации.

Теоретическая значимость исследований состоит в том, что:

1. По результатам комплексного анализа характеристик НРС для ранних стадий их проектирования: определен ряд проектных параметров современных рыболовных судов; получены практически значимые аналитические выражения для критических значений аппликата центра тяжести современных НРС по частным критериям их остойчивости и их совокупности; получены обобщения о влиянии технических характеристик НРС и ТЭУ его эксплуатации на экономические показатели его эффективности.

2. Принципы, положенные при разработке аппарата оптимизационного проектирования НРС, в частности - впервые реализованный способ постоянных размерений (габаритов) судна, могут быть использованы при разработке моделей ряда судов другого назначения.

Практическая значимость работы. Выполненные исследования направлены на практическое использование разработанной математической модели и программы в проектно-конструкторских и исследовательских организациях, что обеспечит повышение уровня технико-экономического обоснования характеристик судов и поиск наиболее эффективных решений в обеспечении морского промысла Вьетнама.

Достоверность результатов исследований базируется на выверенной исходной информации и реконструктивном анализе данных. При разработке модели осуществляется ее тестирование с обеспечением адекватности по исходным судам-прототипам. В ходе исследований используются апробированные функциональные зависимости и методы теории проектирования судов, математической статистики и технико-экономического анализа.

Внедрение. Разработки диссертации нашли внедрение в учебном процессе КГТУ при преподавании дисциплин проектного цикла и при выполнении выпускных квалификационных работ бакалавриата и магистратуры по тематике НРС, а также в Морском университете Вьетнама (г. Хайфон).

Положения, выносимые на защиту:

- концепция технологически оснащенных рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства,

- математическая модель НРС и их эксплуатации для задач технико-экономического анализа их характеристик,

- методика оптимизационного выбора характеристик и элементов НРС для морского рыболовства Вьетнама.

Личный вклад. Автором разработана методика оптимизационного выбора характеристик среднетоннажных рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства Вьетнама и ее программное обеспечение, зарегистрированное в установленном порядке. В ходе работы особое внимание уделено сбору (в том числе методами реконструирования), обработке и разностороннему анализу соответствующих материалов с формированием научных обобщений для достижения поставленной исследовательской цели.

Апробация результатов работы. Основные материалы и результаты работы докладывались и обсуждались на международных научных конференциях «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии» в рамках VI и VII Международного «Балтийского морского форума», г. Калининград (2018-2019г.г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, из которых 4 авторской статей и 8 статей подготовлено в соавторстве, где доля соискателя составляет от 30 до 70%. В изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, опубликовано 6 работ, из которых 2 авторской и статьи и 4 статьи в соавторстве (доля автора – от 30 до 70%). Одна программа для ЭВМ, разработанная в процессе исследования, прошла процедуру государственной регистрации.

Специальность, которой соответствует диссертация. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.08.03. «Проектирование и конструкция судов», поскольку область исследования включает в себя проблемы оптимизационного проектирования рыболовных судов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и приложения. Объем 182 страниц, в том числе 25 рисунков, 48 графиков, 11 таблиц и 1 блок-схемы, 41 страниц приложения. В списке литературы 99 наименований.

Глава 1. Информационная база и постановка задачи исследования

Информационная база, необходимая для достижения цели, поставленной в диссертационной работе, включает в себя следующее:

- состояние сырьевой базы морского рыболовства Вьетнама и эффективности его промыслового флота,
- современные среднетоннажные НРС, их характерные особенности и перспективы их использования для морского рыболовства СРВ,
- обзор исследований по обоснованию характеристик и элементов рыболовных судов наливного типа.

Результаты анализа этих материалов позволят конкретизировать направления данного исследования и сформулировать постановку его задачи.

1.1. Анализ состояния сырьевой базы морского рыболовства СРВ и его промыслового флота.

Вьетнам – страна юго-восточной Азии, имеющая большую морскую акваторию. В истории развития народного хозяйства страны море всегда играло очень важную роль. Поэтому эффективный промысел и рациональное использование морских ресурсов являются долгосрочной стратегической целью доктрины социально-экономического развития Вьетнама.

Современная морская акватория Вьетнама характеризуется береговой линией протяжённостью 3260 км, устьями реки и островами, количество которых насчитывает 4000. По данным конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву, площадь исключительной экономической зоны (ИЭЗ) Вьетнама составляет более 1 млн. км² (см. рисунок 1.1.1).

Вьетнамское море (по международному названию Южно-Китайское море) – является одним из богатых морскими ресурсами районов мирового океана, где регулярно встречаются тропические циклоны – тайфуны. По данным ряда исследований [14; 57; 99], гидрометеоусловия в данной морской акватории характеризуются теплым и влажным муссонным климатом, с

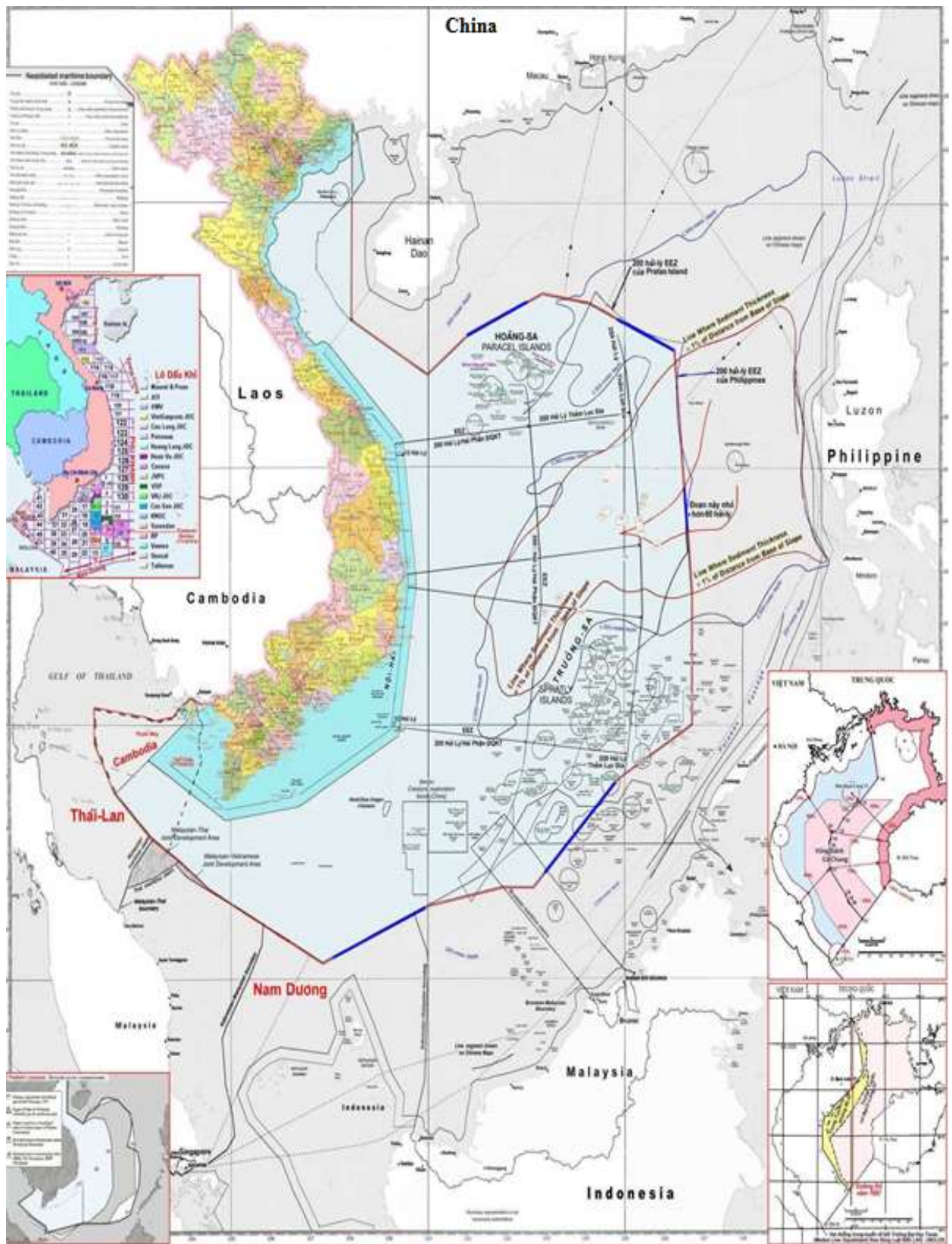


Рисунок 1.1.1. Карта исключительной экономической зоны Вьетнама

обильными ливневыми дождями и частыми тайфунами. За год наблюдается 10–11 тайфунов, при этом наибольшее их количество (до 65%) приходится на

летние и осенние месяцы. Продолжительность тайфуна составляет от 5 до 10–12 суток. Муссоны устойчивы в своем направлении и характерны большой повторяемостью. Особенности ветрового режима определяют возможность развития сильного ветрового волнения, при котором в северной части моря длина волн может достигать 170 м, а высота 7 м. В зимний период повторяемость волнения в 5 и более баллов составляет 20–30 %. Наиболее сложные метеоусловия наблюдаются в северной части моря.

Температура воздуха имеет особый сезонный характер. Например, в феврале она меняется от 15° на севере до 25° на юге моря, а в августе ее среднее значение 27–28°. Температура воды высокая в течение всего года. В феврале на поверхности моря она составляет 18° в северной части моря и 27° в южной. Летом температура воды имеет более однородное поле, при котором она на поверхности моря на большей его части равна около 29°. Для условий рыболовства высокий температурный режим окружающей среды осложняет проблему сохранения улова.

Вьетнам обладает богатыми запасами природных морских ресурсов. В соответствии с результатами научных исследований, морские биологические ресурсы Вьетнама включают 75 видов креветок, 25 видов кальмаров, 7 видов осьминогов, 653 видов бурых водорослей (90% из них имеют экономическое значение), 298 видов кораллов. Насчитывается более 2000 видов рыбных объектов, из которых более 130 относят к категории высокой экономической ценности [97].

Под влиянием муссонного тропического климата ресурс морских рыб Вьетнама характеризуется высоким разнообразием и высокой скоростью естественной воспроизводимости. Режимы действия муссонов вносят коренное изменение в океанографические условия, делая распределение рыбных стай отчетливо изменчивым и рассеянным в небольших масштабах. Доля мелких стай размером до 5х20 м составляет 82%, средних стай (10х20 м) – 15%, более крупных стай (20х50 м и более) – 0,7%. Очень большие стаи (20х500 м) составляют

лишь 0,1%.

Морские рыбные ресурсы по условиям их обитаемости можно разделить на четыре основные группы: пелагические, придонные, донные и рыбы, обитающие в коралловых рифах. В пелагической группе насчитывается около 260 видов, что составляет 15% от общего количества видов рыб в море. По своим размерам рыба этой группы разделяется на подгруппы: большие (такие как тунец, пелагида, рыба-меч и пр.) и мелкие (такие как сельдь, ставрида, анчоус, летучая рыба, скумбрия, желтополосый селар, красный окунь). По данным прогноза Министерства Рыболовства Вьетнама, запас мелкой пелагической рыбы во Вьетнамском море составляет довольно большую долю (порядка 40%). При промысле этих видов рыб возникает перспектива использования современных НРС, оснащенных рыбонасосом и обеспечивающих оперативное и механизированное поступление улова в рыбные танки судна.

Согласно данным информационного центра рыболовства FICEN, морское рыболовство Вьетнама можно разделить на два основных муссонных сезона. Это летний сезон (с мая по октябрь), когда преобладают северные муссоны, и зимний (с ноября по апрель), когда преобладающими являются южные муссоны. В целом производительность рыболовства в зимний сезон выше, чем в летний. В летнем сезоне морские промысловые районы имеют тенденцию сдвигаться в южную часть [87].

В северной и юго-западной части моря, в основном, осуществляется прибрежное траление. Наиболее богатой сырьевой базой для этого вида лова является юго-восточная часть моря. В центральной части осуществляется удаленное рыболовство, где в основном используются ярус (лов тунца) и кошельковый невод. В юго-восточной части имеется благоприятное условие для разных видов лова, и поэтому эта часть моря имеет наибольшие перспективы для промысла с использованием средних и более крупных рыболовных судов. Данные по сырьевой базе рыболовства СРВ представлены на рисунке 1.1.2.

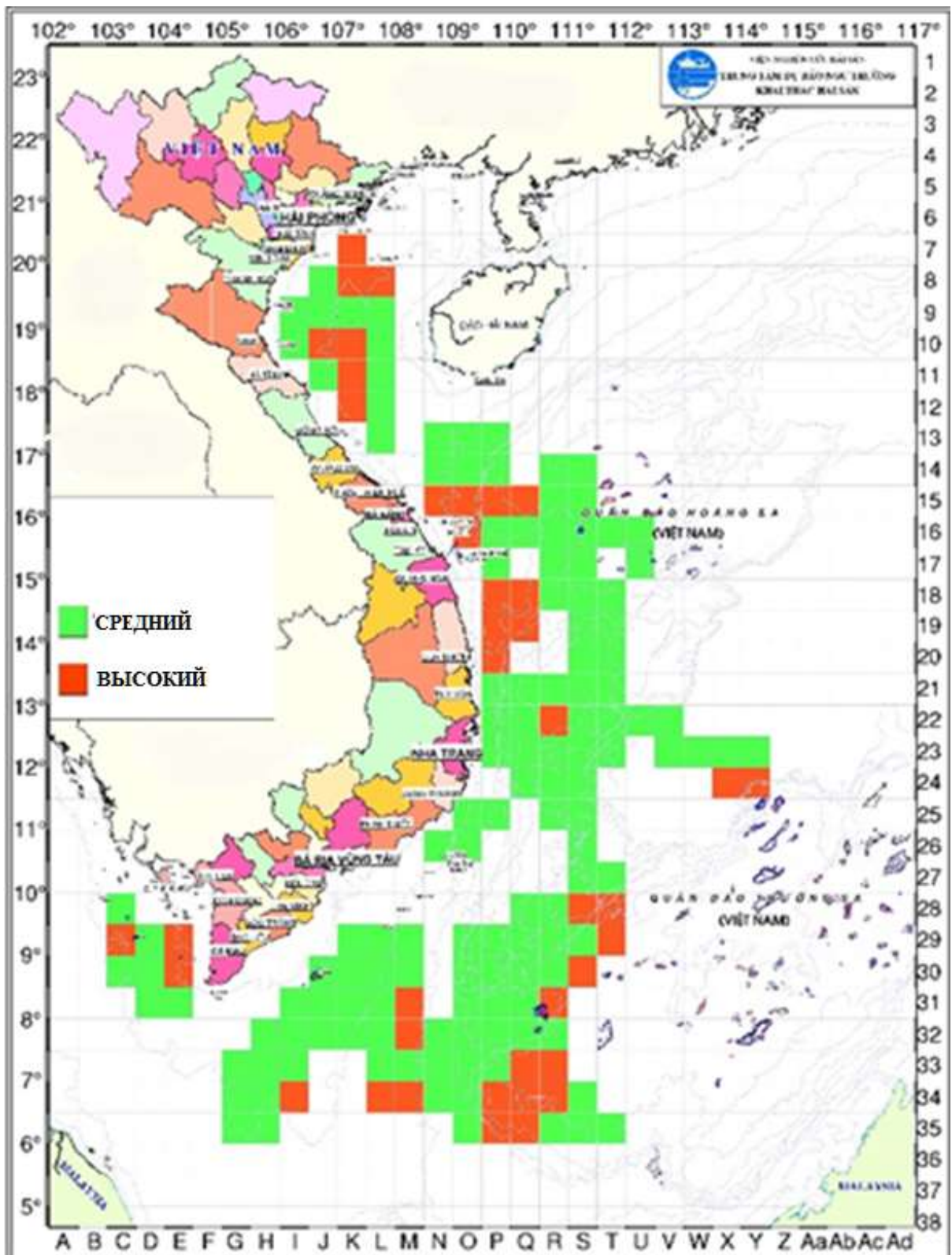


Рисунок 1.1.2 –Основные районы промысла во Вьетнамском море

Морская территория для рыболовства Вьетнама разделена на четыре основные области: северная (Тонкинский залив), центральная, юго-восточная и юго-западная. Более 50% площади морской территории имеет глубину менее

50м. Максимальные глубины достигают 100-300м. В зависимости от глубины и удаленности, районы промысла делятся на прибрежные и удаленные. Запас рыбных объектов составляет 4,18 млн. т., а общий допустимый улов (ОДУ) не более 1,67 млн. т. Данные для пяти различных регионов представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1. Запас и общий допустимый улов морских рыб Вьетнама [89]

Зона воды	Типы рыбы	Запас		ОДУ		Доля (%)
		Масса, т.	Доля (%)	Масса, т.	Доля (%)	
Тонкинский залив (область I)	Малые пелагические	390000	57,3	156000	57,3	16,3
	Донные	291 166	42,7	116 467	42,7	
	Сумма	681 166	100	271 467	100	
Центральная (область II)	Малые пелагические	500000	82,5	200000	82,5	14,5
	Донные	106 399	17,5	42 560	17,5	
	Сумма	606 399	100	242 560	100	
Юго-Восточная (область III)	Малые пелагические	524000	25,2	209 600	25,2	49,7
	Донные	1551889	74,8	620 856	74,8	
	Сумма	2,075.889	100	830 456	100	
Юго-Западная (область IV)	Малые пелагические	316000	62	126000	62	12,1
	Донные	190 679	38	76 272	38	
	сумма	506 679	100	202 272	100	
Другая	Малые пелагические	10000	100	2500	100	0,2
Океаническая вода	Пелагические океанические	300 000		120 000		7,2
Всего	Малые пелагические	1740000	41,6	694 100	40,8	
	Донные	2140133	51,2	855 885	50,3	
	Пелагические океанические	300 000	7,2	120 000	8,9	
	Сумма	4180133		1669985	100	

Прибрежная часть морской территории Вьетнамского моря глубиной менее 50 м и удалением от берега до 50 миль содержит 51,2 % общих запасов

рыбы. Издавна это часть была традиционной базой промысла для мелких судов и лодок (МмРС). В этих районах, в основном, используются донные, близнецовые тралы, ловушки на свет, удебные и другие орудия лова. Такие виды лова в прибрежной части моря имеют малую производительность. Однако, благодаря постоянному росту численности МмРС и разнообразию используемых различных орудий лова (см. рисунки 1.1.3), годовой вылов в этих районах составляет около 1 миллиона тонн, что вдвое превышает допустимое значение вылова. В удаленных районах (более 50 миль от берега) используются средние и крупные рыболовные суда, работающие, в основном, тралом, а также кошельковым неводом и ярусом (при добыче тунца и крупного окуня). Суммарный годовой вылов в этих районах значительно меньше, чем допустимый (20% ОДУ), [46].

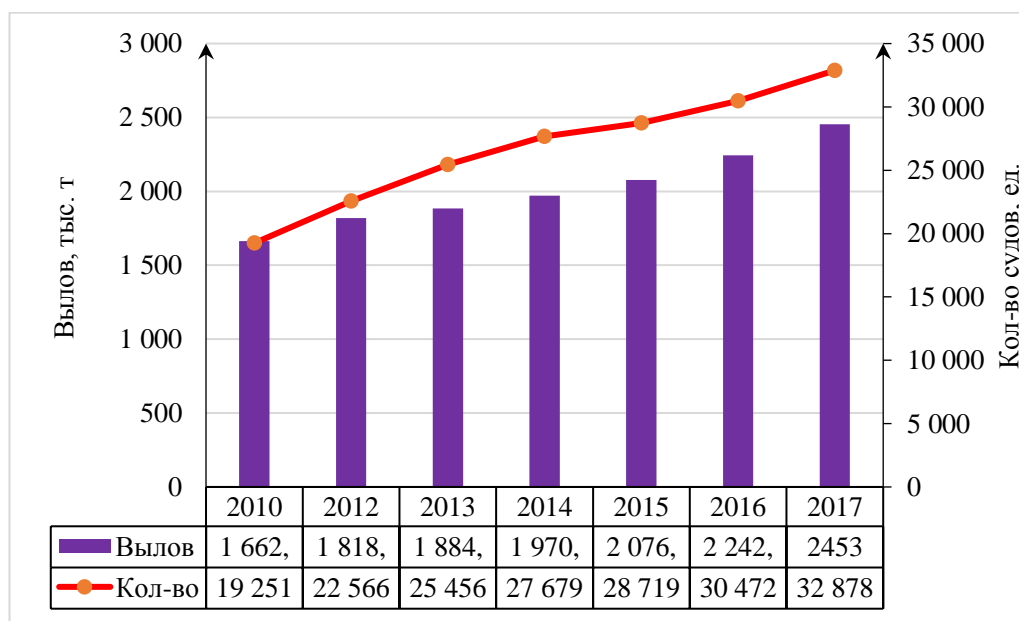


Рисунок 1.1.3 – Сумма вылова и количество судов (мощностью от 90 л.с.) за период 2010-2017

Выполненные в СРВ исследования подтвердили, что морские ресурсы используются не рационально. За период 2010-2017 отмечено существенное падение объема улова на единицу промыслового усилия (CPUE), т/л.с. [98] (рисунок 1.1.4.). Это привело к чрезмерному сокращению прибрежных сырье-

вых ресурсов и к необходимости более интенсивного освоения промысла в открытых морских акваториях.

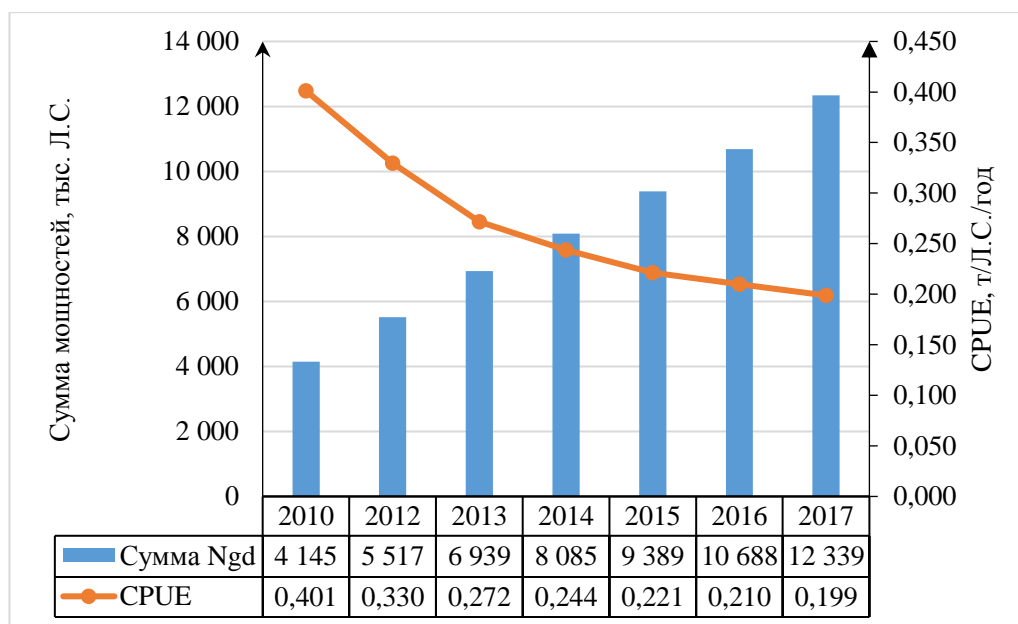


Рисунок 1.1.4–Сумма мощностей и падение улова на единицу усилия (CPUE)

За последние 30 лет всестороннего обновления Вьетнама в рыбопромысловом секторе наблюдалось значительное развитие. Рыболовство получило стабильный рост и стало важной экономической отраслью народного хозяйства. Достижением в этой отрасли является высокий темп роста ВВП страны благодаря увеличению своих валютных поступлений и обеспечению внутренней продовольственной безопасности. По данным ФАО, Вьетнам стабильно занимает передовые позиции по экспорту морских рыб. Главными экспортными партнерами являются Япония, США, ЕС, Китай. Благоприятные условия прибрежного рыболовства обусловили его бурное развитие с использованием, в основном, МмРС ремесленного производства, доставлявших улов на берег в охлажденном виде в битом льду. Основная производственная схема работы таких судов представлена на рисунке 1.1.5. Для нее характерны старые технологии и высокая себестоимость рыболовства. Вместе с тем, морское рыболовство Вьетнама превратилось в одну из ключевых отраслей народного хозяйства страны с высокими темпами ее развития. В настоящее время численность

рыболовных судов Вьетнама составляет более 123 тысяч единиц, около 70% из которых имеют мощность меньше 90 л.с. Резкий рост количества судов прибрежного рыболовства привел к сокращению морского ресурса и к необходимости перехода к новой рыбохозяйственной политике.

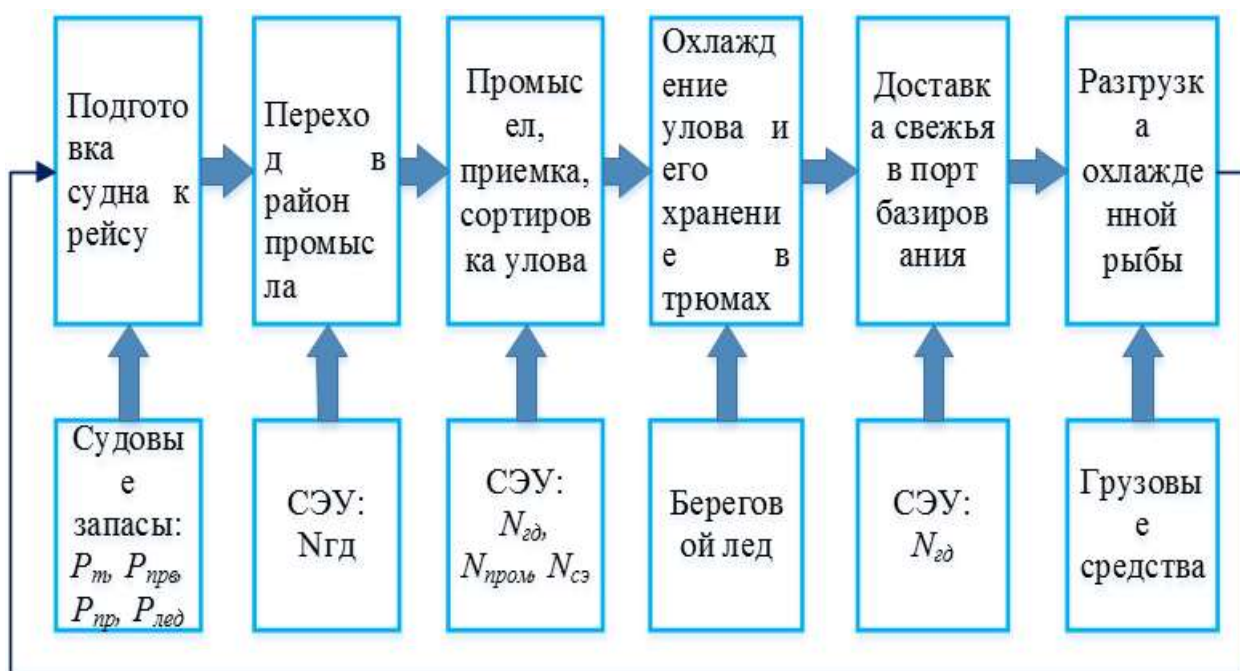


Рисунок 1.1.5 –Схема производственной операции традиционных рыболовных судов Вьетнама

В связи с этим Правительство Вьетнама разработало генеральный план развития рыболовства на период до 2020г. с видением на 2030г. (*№1445/QĐ-TTg* Премьер-министра от 16/08/2013 [80] и его обеспечение (*№67/2014/NĐ-CP* Правительства от 07/07/2014 [79]. В соответствии с решением *№1445/QĐ-TTg* установлено ограничение по количеству морских промысловых судов. Общее количество малых судов сокращается с целью сохранения прибрежных ресурсов. Постановление *№67/2014/NĐ-CP* предусматривает финансовую поддержку рыбаков, стимулирование кредитования по низким процентным ставкам и поощрение строительства среднетоннажных и более крупных судов из стали и других материалов для удаленного рыболовства.

1.2. Современные среднетоннажные наливные рыболовные суда и их характерные особенности

Очевидно, что при решении проблем развития и пополнения рыболовного флота необходимо учитывать современные научно-технические достижения в области создания РС, их комплектующего оборудования, снабжения и эксплуатации в целом. За минувшие два-три десятилетия в морском рыболовстве ряда стран значительное развитие получили среднетоннажные рыболовные суда наливного типа [86; 40]. В ходе эксплуатации выявились их преимущества в части сохранения кондиционных качеств улова и повышения уровня механизации работ при его приеме на борт и сдаче на берег. Эти суда показали высокую экономическую эффективность, которая достигается за счет высоких показателей промысловых характеристик, более рационального использования объемов судна, мощных, но компактных главных и вспомогательных двигателей, позволяющих существенно улучшить параметры траления, современного мощного промыслового оборудования [69]. Рассмотрим эти особенности НРС более детально.

Современные среднетоннажные рыболовных судов наливного типа характерны новыми архитектурно-компоновочными решениями. Примеры типичной компоновки НРС представлены в рисунках 1.2.1-1.2.3. Характерными элементами НРС являются наличие двух палуб, бака, юта или двухъярусной надстройки, смещенной в корму от миделя, носовой бульб, брусковый или коробчатый киль, построечный дифферент на корму, компактное машинное отделение в корме. Разделенные наливные танки размещаются в средней части судна.

Из характерных особенностей современных среднетоннажных НРС отметим их высокую энерговооруженность. Мощность главных двигателей достигает до 6300 кВт. Эти значения существенно выше, чем у традиционных судов сухогрузного типа [73; 74].

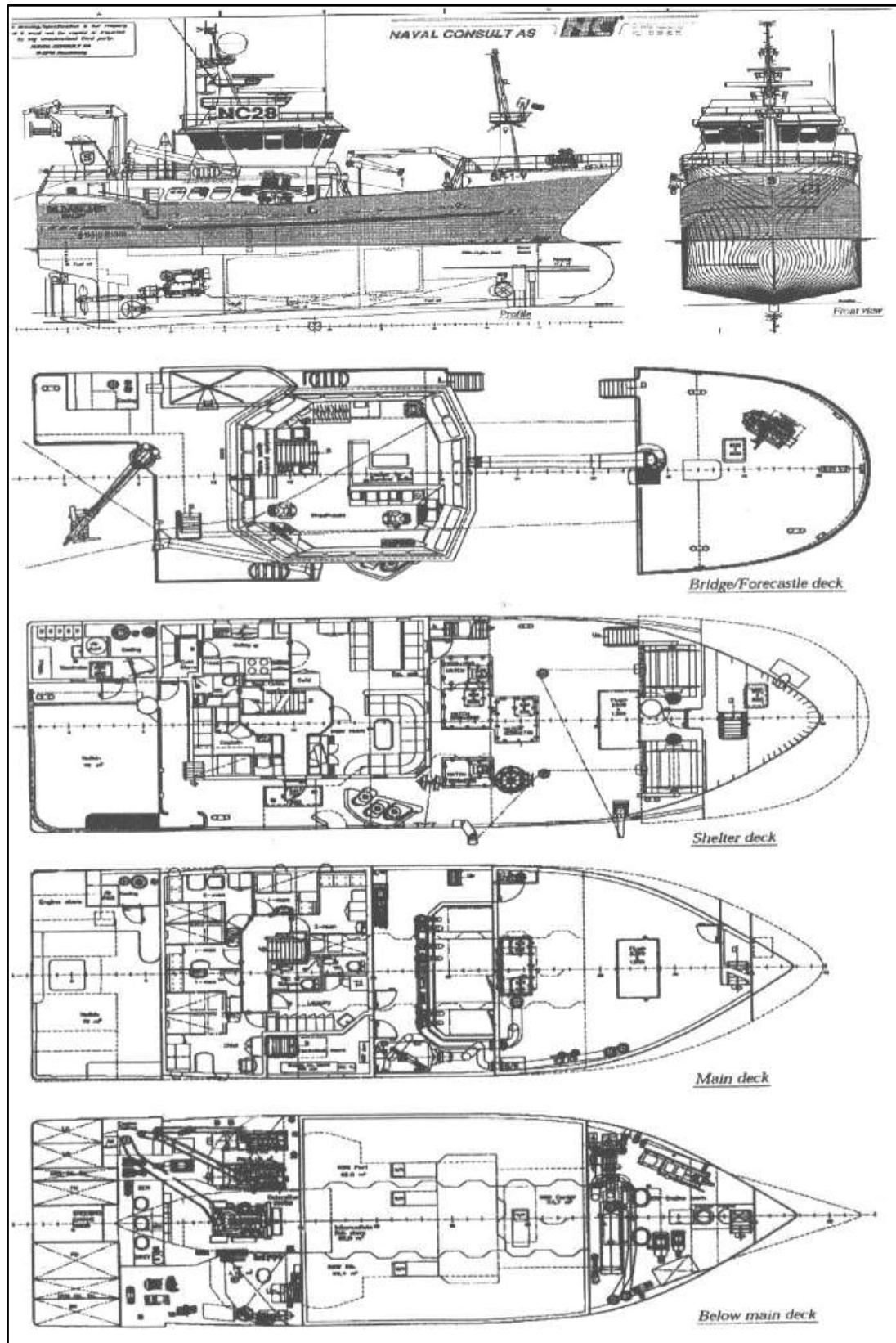


Рисунок 1.2.1- Схема общего расположения 24-метрового НРС Sildaskjaer

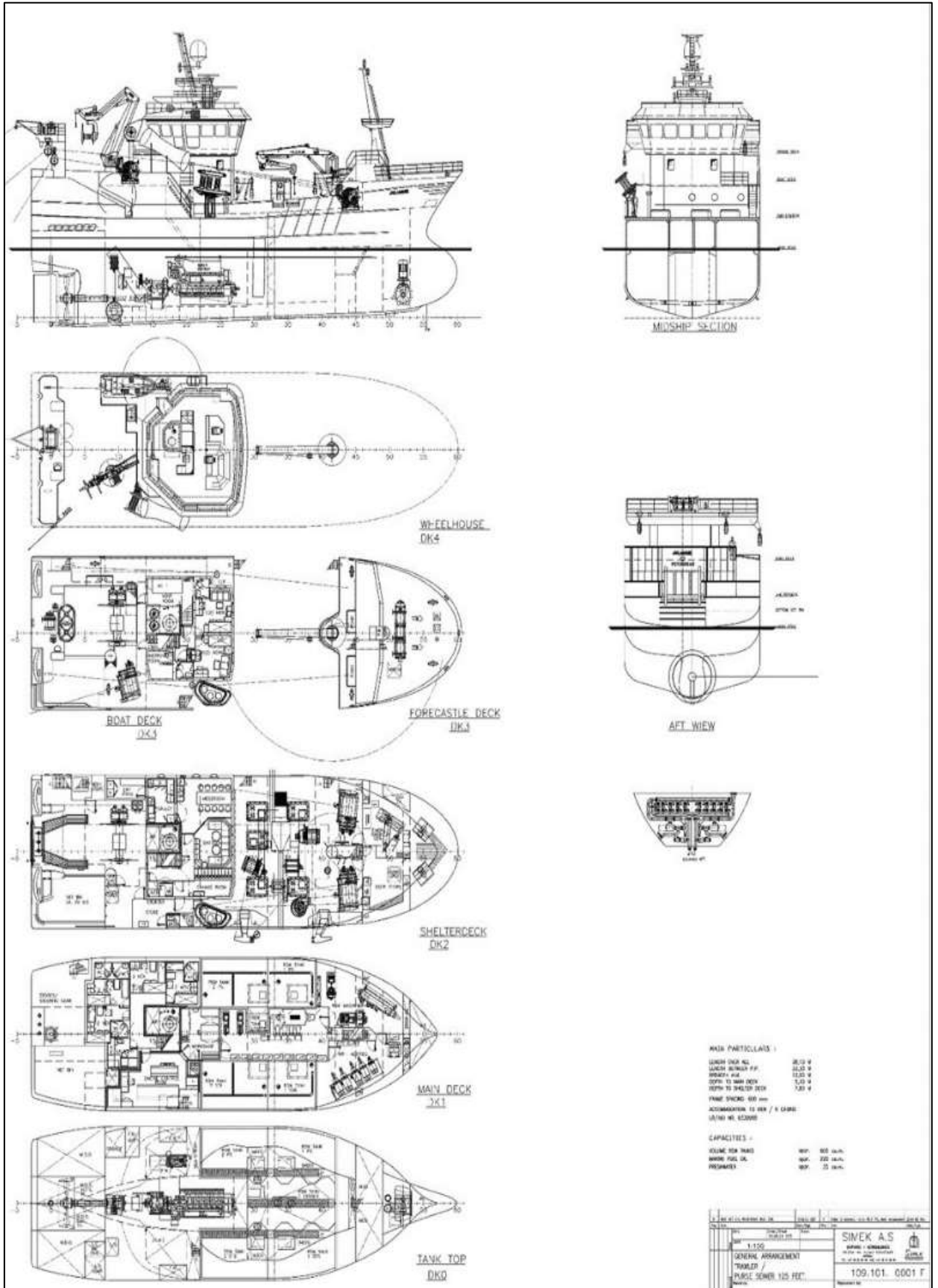


Рисунок 1.2.2- Схема общего расположения 33-метрового НРС Jullian III

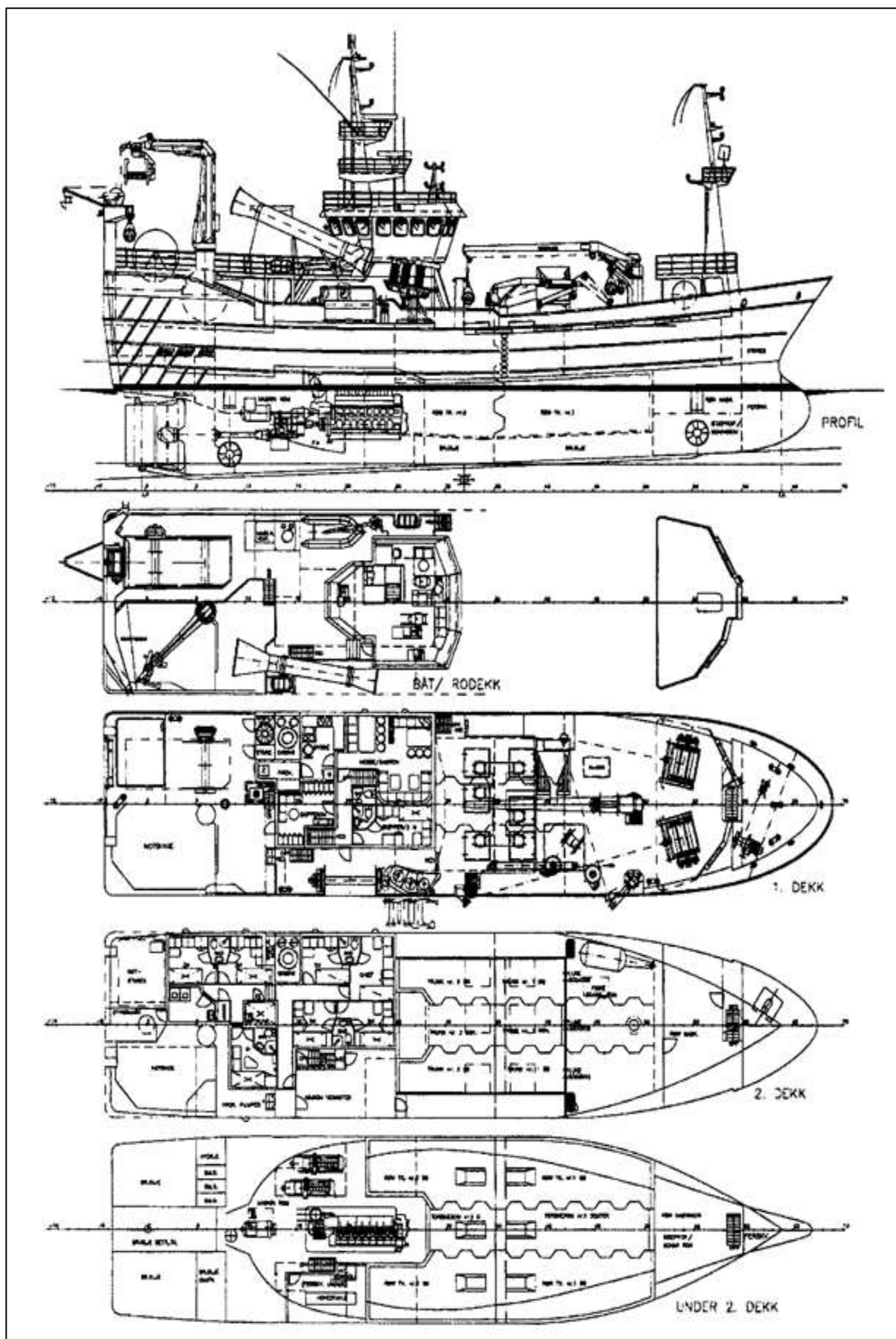


Рисунок 1.2.3- Схема общего расположения 38-метрового НРС Norafjell

Особый интерес на среднетоннажных НРС представляет компактность судовых энергетических установок (СЭУ) и особенности их компоновки по энергосбережению. Эти суда характерны высокой насыщенностью оборудованием и механизмами, характерными для крупных судов. Они оснащены подруливающими устройствами, современным комплексом навигационного и рыбопоискового оснащения и промыслового оборудования с его системой автоматического управления. Многие из современных НРС – это комбинированные сейнер-траулеры с разными орудиями лова (для промысла кошельком, тралом и снюрреводом), позволяющими добывать рыбу в разных условиях и на разных глубинах. На рисунке 1.2.4 показано оборудование для кошелькового лова.



Рисунок 1.2.4- Промысловое оборудование современных НРС

В настоящее время размеры орудий лова для промышленного рыболовства растут и определяют соответствующий рост энерговооруженности судов. Высокая энерговооруженность обусловлена обеспечением требуемой нагрузки электроэнергией уловистых орудий и оборудования технологичного назначения судна, что также приводит к увеличению вылова. По данным исследования [65], семь НРС разного водоизмещения были взяты в аренду Рос-

сийскими предприятиями северного бассейна для промысла массовых пелагических рыб (сельдь, мойва, путассу, скумбрия, сайка, анчоус и др.). В течение 102 суток среднесуточный вылов составил 283,7 т рыбы, а при промысле путассу и мойвы достигал 750 т. Таким образом, значительное по размерам и грузовместимости судно на путинном промысле способно менее чем за сутки заполнить свои танки охлажденной рыбой для доставки ее в порт на реализацию. Для НРС, специализирующихся на вылове массовых пород рыб и обладающих современными тралами, при соответствующей сырьевой базе за одно траление вылов может достигать 400 т и более [25].

Прием улова на борт судна осуществляется с использованием вакуумного или погруженного рыбонасосов (рисунок 1.2.5). При этом рыба сразу направляется в наливной танк. Вакуумный рыбонасос может перекачивать рыбу со скоростью 50÷100 тонн в час, что позволяет сократить время выливки улова. При использовании рыбонасоса рыба практически не повреждается и сохраняет свой кондиционный вид.

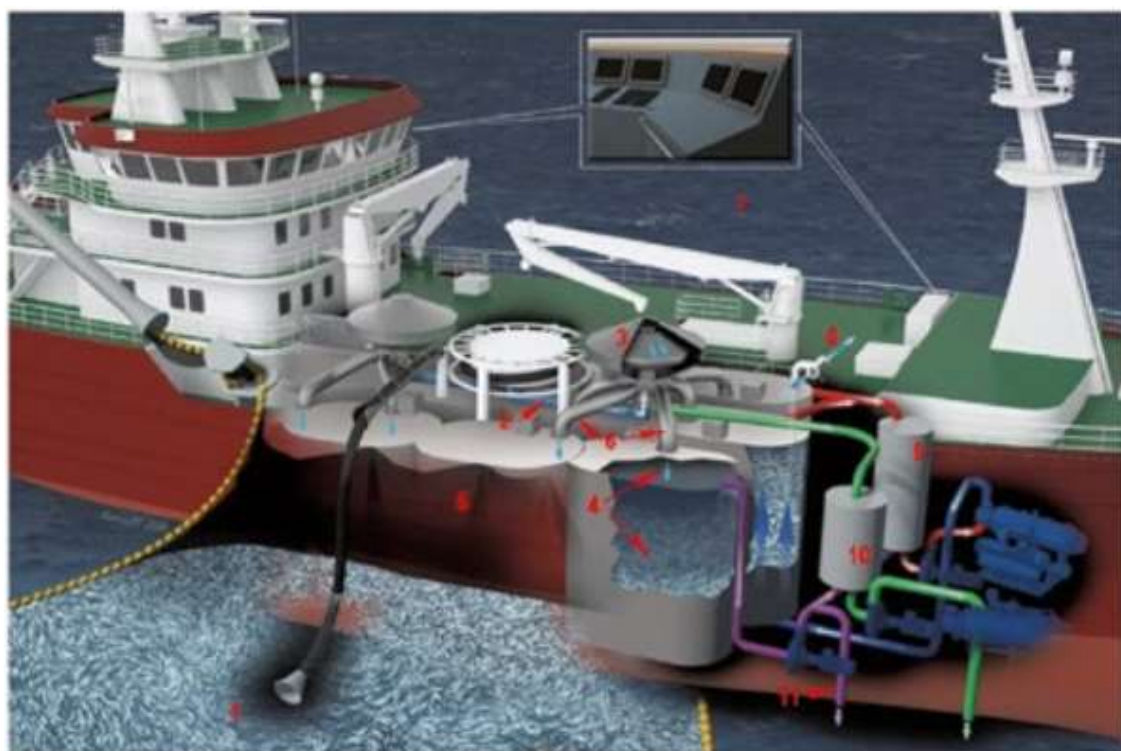


Рисунок 1.2.5 - Система вакуумного рыбонасоса

Отличительной особенностью НРС от рыболовных судов традиционного

типа является наличие на них грузовых помещений в виде наливных танков с циркулирующей охлажденной морской водой (рисунок 1.2.6), обеспечиваемой системой RSW. Быстрое охлаждение больших уловов обеспечивает на определенный срок кондиционные качества пойманной рыбы. Использование большого количества разделенных танков (6-12) связывается, частности, с проблемами остойчивости при перемещении жидкого груза.



Рисунок 1.2.6 – 3D вид современного НРС с RSW танками

RSW-система функционирует следующим образом [94]. Морская вода циркулирует с помощью насосов через танки. При этом вода охлаждается перед поступлением ее в танки и через слои рыбы, сохраняя при этом саму рыбу, плавающую в этом охлажденном рассоле. Вода через всасывающие патрубки в верхней части танков возвращается в блок охлаждения системы, обеспечивая повторный процесс циркуляции. Чтобы сохранить циркулирующую воду в хорошем состоянии, система подпитывается свежей морской водой, а часть использованной воды сбрасывается. В танках обычно 80% рыбы и 20% воды. Соотношение меняется в зависимости от вида рыбы. Танки должны быть надежно изолированы от корпуса, переборок, механизмов и жилых помещений, чтобы ограничить возможность теплового рассеивания. Важно, чтобы внутренние поверхности танков имели гладкую поверхность без каких-либо

препятствий или острых кромок, повреждающих рыбу.

В заключение данного краткого обзора современных НРС отметим, что каждое из этих судов является результатом работы специалистов разного направления, согласованной в рамках теории проектирования, которая позволяет осуществить аргументированный выбор характеристик и элементов судов, эффективных и безопасных при их эксплуатации в заданных ТЭУ.

1.3. Анализ исследований по обоснованию характеристик и элементов рыболовных судов

При проектировании любого нового типа судна необходимо опираться на базу классической методологии и методов теории проектирования судов, историю развития которых связывают со многими известными учеными. Основы теории проектирования судов (ТПС) как самостоятельной науки заложены в трудах Бубнова И. Г. [12] и Поздюнина В. Л. [62]. Современные ее подходы, принципы и методы, определившие теоретическую базу технического проектирования судов, отражены в учебниках Ногида Л. М. [59], Ашика В. В. [7], Бронникова А. В. [11] и в целом ряде работ, посвященных проектированию отдельных типов судов. Последующее развитие ТПС связано с все более широким использованием в инженерных расчетах и научных исследованиях возможностей развивающейся электронно – вычислительной техники и компьютерных технологий, что, в свою очередь, обеспечило возможность широкого использования в проектировании судов математико-статистических методов и аппарата математического программирования (Пашин В.М.[61], Захаров И.Г.[24], Худяков Л.Ю. [75], Раков А.И. [66; 67; 68], Царев Б.А. [76], Вашедченко А.Н. [13], ...). Их объединение обусловило появление систем автоматизированного проектирования судов (САПР, Шауб П.А. [77]) и их составляющих (подсистем, элементов) с последующим их развитием для судов разных типов и назначения (Аракельян Г.В., Войлошников М.В., Гайкович А.И., Демешко Г.Ф., Зуев В.А., Иванов В.П., Раков А.И., Роннов Е.П.,...). Данное

направление исследований сохраняет свою актуальность и в настоящее время. Современное представление теории проектирования судов как сложных технических систем (ТПСТС) наиболее полно освещено в монографиях Гайковича А.И. (Основы ТПСТС 2001г., [19] и Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов 2014 г., [21]).

Методология проектирования судов рыболовного флота является составной частью общей методологии проектирования судов. С середины прошлого века рыбопромышленный флот стал широким полем отечественного научно-технического творчества, развития и практического приложения теории проектирования судов с участием многих отечественных и зарубежных специалистов разного профиля. К числу основополагающих работ направления, предусматривающего комплексный подход в выборе характеристик рыболовных судов, относятся статья Воеводина Н.Ф., опубликованная в журнале «Рыбное хозяйство» в 1951 году [16], и широко известные монографии Пашина В.М. [61] и Ракова А. И. [66; 67]. Обобщенное представление задач технического и оптимизационного проектирования промысловых судов и методов их решения нашло отражение в учебнике [68]. В ЦНИИ имени акад. А.Н. Крылова на базе приближенного проектирования была разработана и представлена в виде отраслевого стандарта (ОСТ5.0169-74, [60]) двухуровневая методика выполнения на ЭВМ комплекса расчетов для определения элементов рыболовных судов, удовлетворяющих требованиям задания на проектирование. Большое развитие получили исследования, связанные с нормированием остойчивости (Севастьянов Н.Б. [70], Нечаев Ю.И. [58]) и ее обеспечением при проектировании и эксплуатации промысловых судов (Ананьев Д.М. , В.В. Гарькавый, Маков Ю.Л. [49], Ярисов В.В. [78]). Совершенствовались методики выполнения проектных расчетов (Во В.Ч. [15], Иванов В.П [38], Льюнг Н.Х.[45], Маслюк Е.В. [50], Моисеева М.Э. [51], Май К.Ч. [46], Нгуен К.М. [56], Нгуен К.В. [55], Тристанов Б.А. [71], Шестерненко Е.М. и др.). Развитие судовой энергетики промысловых судов отслеживалось в работах Л.П. Коршунова [42; 43]. Вопросам

экономического обоснования рыболовных судов посвящены работы Г.В. Аракельяна [4; 5], В.Е. Астахова [6] и М.В. Войлошникова [17], М.Б. Безугловой [8]. Вместе с тем, приближенное проектирование, использованное в этих исследованиях, практически исключало существенное влияние ряда эксплуатационных характеристик рыболовных судов на их эффективность.

Из зарубежных изданий элементы проектирования именно рыболовных судов наиболее полно отражены в работе Apostolos Paranikolaou [82]. В своей работе Apostolos Paranikolaou изложил общую проблему проектирования судов различных типов и назначений. Представлен новый принцип проектирования судов, основанный на системном подходе. При создании новых судов особое внимание уделяется использованию прототипов и статистических данных. В части для рыболовных судов изложено огромное количество эмпирических регрессий, отражающих взаимосвязи между размерениями и характеристиками судна. Также им дан ряд практических рекомендаций для выбора значений характеристик и элементов РС для задачи их проектирования. Предложена общая методика для оценки стоимости судна, которая состоит из трех крупных составляющих стоимостей: металлического корпуса, силовой установки и других устройств и оборудования. Предложены различные математические модели для оптимизации основных размеров судов на основе экономических критериев. Проблемы проектирования РС также нашли свое представление в других работах: D.G.M. Watson [83], Volker Bertram [88] и др. В работе D.G.M. Watson установлен важный аспект при проектировании данного типа судов –учет срока сохранения рыбы и особо подчеркнута роль обработки рыбы, благодаря которому судно может дольше остаться на лову при неблагоприятных условиях (гидрометеоусловия, бедной сырьевой базы...). Приведен способ улучшения работоспособности рыболовных судов с использованием винта в насадке и выбором построечного дифференциала в корму для размещения винта большего диаметра. Данная рекомендация также отмечена в работе Volker Bertram. В его работе также представлена методика определения массы

металлического корпуса различного типа в зависимости от элементов и характеристик судна.

Качественные изменения в разработке методологической базы оптимизационного проектирования с ее целостной структурой для практической оптимизации эксплуатационных характеристик и элементов рыболовных судов и с учетом значимых параметров оптимизации, внесли исследования, выполненные в КГТУ в сотрудничестве с институтом «Гипрорыбфлот» (СПб). Осуществлялась разработка имитационных моделей рыболовных судов для задач оптимизации технического задания на их проектирование. Значительное развитие получил технический блок моделей, в которых стала отражаться взаимосвязь подсистем судна. Детализированный эксплуатационный блок выполнялся в стохастической постановке. Работы этого направления отражены, в частности, в материалах [2; 3] Аполлинариева В.И., Беликовой И.В., Хорольской И.Л. . Они представляют безусловный интерес исследователей, но предполагают существенные затраты и проблемы как при совершенствовании моделей, так и при их эксплуатации и использовании полученных результатов.

Осуществленная далее Ивановым В.П. разработка детерминированных моделей, учитывающих стохастику промысла и доминантный принцип в характеристике подсистем рыболовного судна как основы для поиска оптимального решения задачи его проектирования, показала их эффективность и практическую значимость. При этом производственным факторам отводится важнейшая роль не только в формировании эффективности судна, но и его размеров. Учесть эти факторы возможно лишь при детализированной системе уравнений проектирования, отражающей целый комплекс особенностей судна и варьируемых характеристик его комплектующего оборудования с учетом соответствующего изменения его масс, объемов, стоимости, ресурсного обеспечения. Исследования этого направления изложены в [36; 37] и в учебнике [38], где, в частности, представлены основные принципы, положенные в основу модели для задач оптимизационного проектирования рыболовных судов, и ме-

тодологическая концепция обеспечения их эффективности и конкурентоспособности.

В заключение данного обзора отметим, что проблемам развития и пополнения флота в мире уделяется большое внимание. Во Вьетнаме над этими проблемами работали Во В.Ч. [15], Нгуен К.М. [56], Лыонг Н.Х. [45], Нгуен В.Х. [54], Нгуен К.В. [55], Май К.Ч. [47]. В их работах содержится ряд исследований, отражающих различные вопросы по обоснованию характеристик рыболовных судов и обеспечению их мореходных качеств. Однако отметим, что основная их часть выполнена применительно к рыболовным судам, традиционным для Вьетнама, и практически не затрагивает важнейшие вопросы, связанные с повышением их эффективности за счет совершенствования технологических схем промысла, обработки и хранения улова. Впервые эти вопросы были исследованы Нго Д.Т. [52] в рамках концепции рыболовных судов с наливным способом хранения улова. Эта работа выполнена применительно к маломерным судам для их эксплуатации в районах прибрежного рыболовства. Объектом данного исследования являются рыболовные суда иного класса - среднетоннажные НРС для морского рыболовства.

1.4. Вопросы методологии диссертационного исследования

Последовательное развитие рыбохозяйственной отрасли страны предопределяет необходимость осуществления технико-экономического анализа эксплуатации новых эффективных типов РС и комплекса исследований для оптимизационного выбора их характеристик применительно к технико-экономическим условиям морского рыболовства СРВ. Выполнение этих работ предполагает формирование методологических положений для решения инвестиционных проблем пополнения флота СРВ на базе среднетоннажных НРС. При их разработке в качестве основы примем апробированную методологию оптимизационного проектирования и эксплуатации, ориентированную на РС и обобщенную в [38]. Концепция данной методологии заключается в необходимости непрерывного ТЭА РС и их эффективности методами рационального

использования их действующего производственного потенциала, эффективной модернизации и оптимизационного проектирования. В соответствии с ней в качестве обследуемых принимаются современные действующие суда или их проекты, которые наиболее полно отвечают замыслам проектанта и в которых уже аккумулирован комплекс научно-технических достижений, оправданных практикой эксплуатации. Кроме того, концепция определяет тесную взаимосвязь эффективности РС с ТЭУ их эксплуатации, и для задач последующего ТЭА предусматривает отбор судов-претендентов по показателю эффективности их эксплуатации в заданных ТЭУ.

Рабочим инструментом для реализации данной методологии являются соответствующие математические модели судов (ММС): их эксплуатации (МЭРС), модернизации (ММРС) и проектирования (МПРС), совокупность которых формирует методологическую базу обеспечения эффективности и конкурентоспособности РС.

В качестве основного критерия в ММС принимается эффективность капиталовложений, определяемая выражением: $F_{\text{кап}} = (Q_g - C_s) / S_k$, %, где Q_g и C_s – значения годовой производительности и годовых эксплуатационных затрат судна в денежном исчислении, а S_k – его стоимость. Поиск оптимальных инвестиционных решений, осуществляемых с использованием ММС соответствующего назначения, связан не только с тривиальными требованиями роста Q_g и снижения S_k и C_s . Пожалуй, лидирующая роль здесь отводится поиску таких решений, которые обеспечат положительный экономический эффект за счет такого роста значений относительной производительности судна $K_q = Q_g / S_k$, который превышает значения относительных эксплуатационных затрат $K_c = C_s / S_k$ (т.е. при $K_q - K_c > 0$).

В широком плане ТЭА, оптимизационные исследования осуществляются при вариациях как характеристик судна (его грузоподъемности $P_{gr,T}$; мощности главных двигателей N_{gd} , кВт; производительности технологического оборудования Q_i , т/сут; и пр.), так и ТЭУ его эксплуатации (состояния сырьевой

базы района промысла, его удаленности и пр.). Это определяет многофакторность ТЭА и невозможность получить практически значимые его результаты экспертным путем. При этом очевидными требованиями к ММС является обеспечение их адекватности, которая проверяется сопоставлением расчетных данных, полученных с использованием моделей, с фактическими данными по конкретным судам.

По результатам изложенного выделим круг задач, связанных с обеспечением ТЭА среднетоннажных НРС применительно к ТЭУ морского рыболовства СРВ. Он включает в себя:

- .1. Отбор судов-претендентов для последующего их детализированного ТЭА;
- .2. Поиск технических решений повышения эффективности отобранных НРС и/или их проектов методами модернизации;
- .3. Обеспечение оптимизационного проектирования НРС.

Рассмотрим эти вопросы в плане их практической реализации и особенностей разработки соответствующих ММС.

Отбор судов-претендентов

Необходимость отбора судов-претендентов обусловлена тем, что каждое РС создается для конкретных (правда, не во всем очевидно – каких) ТЭУ эксплуатации и, по возможности, оптимальным по эффективности. При этом очевидно, что изменение ТЭУ повлечет за собой соответствующее изменение (как правило - снижение) этих показателей. Обеспечение ТЭА предопределяет отбор из числа действующих судов (или их проектов) таких (одного-двух) РС, которые обеспечат наиболее высокие показатели их эффективности в заданных ТЭУ. По достижении приемлемого уровня эффективности, эти суда могут рассматриваться в качестве претендентов для пополнения и развития флота.

Экономическая экспертиза РС судов-претендентов (в целом и для условий СРВ в частности) осуществляется с использованием модели эксплуатации РС (МЭРС). Перечень исходных данных модели МЭРС относительно невелик и включает в себя основные технические и эксплуатационные характеристики

РС. Отметим доступность получения этих характеристик, которые приводятся в рекламных материалах по РС или их проектам. Дополнительные комментарии, которые необходимо учесть при решении этой задачи, сводятся к следующему.

.1. Оценки эффективности РС в заданных условиях промысла могут быть получены и по результатам практической эксплуатации судов-претендентов. Однако такое направление в принятии инвестиционных решений по развитию флота представляется неоправданно рискованным и затратным, поскольку предполагает закупку или аренду зарубежных судов. Известная практика волевого приобретения судовладельцами судов «по случаю» (например, по их привлекательно низкой рыночной стоимости) уже неоднократно показывала свою экономическую несостоятельность.

.2. Определение характеристик ТЭУ эксплуатации РС (удаленности района промысла R_{pr} , миль, состояния его сырьевой базы, отражаемого ее коэффициентом K_{sb} , параметров ценообразования и пр.) является прерогативой заказчика (в лице судовладельца, проектно-конструкторского бюро или государственных структур). Возможная неопределенность отдельных характеристик ТЭУ не изменяет методологию ТЭА, но для принятия последующих инвестиционных решений требует выполнения дополнительных вариационных расчетов.

.3. При планировании эксплуатации РС с сезонным чередованием районов промысла, его экономическая эффективность складывается по результатам расчетов, выполненных посезонно.

.4. Стоимость судна S_k , используемая в расчетах критерия его эффективности, может быть, как фиксированной (при приобретении по тарифу, действующему на рынке судов), так и обобщенной эмпирической формулой (например, при постройке судна на отечественной верфи), полученной для конкретной верфи с учетом ее опыта и условий постройки.

О повышении эффективности НРС посредством его модернизации

Эффективность эксплуатации НРС, отобранных по результатам их экономической экспертизы, может быть повышена посредством их модернизации, которая рассматривается в качестве возможной альтернативы проектированию нового судна. В сравнении с разработкой нового проекта и при условии технической и экономической состоятельности намечаемой модернизации, заказчик по существу снижает свои инвестиционные затраты на стоимость проектных работ, уже учтенных в стоимости РС. Кроме того, постройка модернизированного судна на той же верфи предполагает использование прежней технологической оснастки, что существенно облегчает переход на постройку новых судов и снижает их стоимость.

В методическом плане вопросы модернизации РС для действующих судов и их проектов приводятся факторы модернизации, рекомендации по разработке ее концепции и расчетные процедуры. Комплексная модернизация предусматривает возможность совмещенного выполнения расчетов при модернизации трех типов:

- .1. с заменой комплектующего оборудования судна без изменений в его компоновке;
- .2. с перераспределением основных помещений судна;
- .3. с размерной модернизацией судна удлинением.

Основные задачи, которые решаются в ходе модернизации, сводятся к следующему:

- .1. Изучение исходного судна (или его проекта) как объекта модернизации для заданных ТЭУ его эксплуатации;
- .2. Выбор факторов, определяющих его экономическую эффективность, и разработка концепции модернизации;
- .3. Графическая проработка варианта модернизированного судна, с выделением проектных изменений в соответствии с принимаемым вариантом модернизации;
- .4. Выполнение соответствующих проектных и экономических расчетов с использованием моделей МЭРС и ММРС и анализ полученных результатов.

В результате выполненной работы определяется вариант комплексной модернизации РС с оценкой ее технической и экономической состоятельности. Намечаемая модернизация определяется как технически состоятельная при условиях:

.1. Отсутствие перегруза судна, т.е. сохранение его надводного борта. Отметим, что выполнение этого условия облегчается при размерной модернизации удлинением, когда РС увеличивает объемы своих помещений и запас плавучести;

.2. Достаточное ресурсное обеспечение модернизации в части холода, пара, электроэнергии;

.3. Достаточный запас остойчивости, для оценки которой используется величина начальной метацентрической высоты и ее изменение вследствие модернизации.

Экономическая состоятельность модернизации определяется сопоставлением расчетных показателей экономической эффективности судна до и после модернизации.

Обеспечение оптимизационного проектирования НРС

Методика для обеспечения оптимизационного проектирования НРС предусматривает разработку модели МПРС и последующего программного комплекса для оптимизационного выбора их характеристик при эксплуатации в заданных ТЭУ промысла. Модель МПРС должна соответствовать рассматриваемому классу судов, учитывать обозримые тенденции их развития и отражать накопленный объем проектных обобщений. Последующие оптимизационные исследования, выполненные с использованием разработанной МПРС, а также методов оптимизации и методических положений и рекомендаций будут рассматриваться в главах 3 и 4 данной работы.

Отметим, что решение задач модернизации НРС и, тем более – их оптимизационного проектирования предполагает наличие соответствующей информационной базы исследования, включающей в себя не только полновесное техническое описание судов, но и проектные обобщения, используемые при

их разработке. Как отмечалось ранее, такая информация в открытой печати представляется скупо. В таких условиях перед проектантами ставится дополнительная задача, которая заключается в обеспечения практически значимой оценки необходимых характеристик. В методическом плане эта задача практически решена методами реконструирования и соответствующего статистического анализа характеристик НРС, полученных из открытой печати и результатов реконструирования.

В кратком изложении вопросы ТЭА укладываются в схему, состоящую из целого ряда возможных инвестиционных решений с их ожидаемыми результатами [35], представленными на рисунке 1.4.1.

Варианты инвестиционных решений в задаче развития и пополнения флота РС	Ожидаемые результаты принимаемых решений	
	для судовладельца	для отрасли в целом
1. Волевое приобретение или аренда действующих РС	Большие затраты на приобретение РС, заниженные (неоптимальные) показатели их эффективности в заданных ТЭУ их эксплуатации	Практическое исключение отечественных структур развития флота и современного промыслового судостроения
2. Приобретение судов по результатам выполненной экономической экспертизы	Большие затраты на приобретение РС, рост показателей их эффективности и конкурентоспособности	То же
3. Приобретение РС по результатам модернизационного исследования	Большие затраты на приобретение РС, рост показателей их эффективности и конкурентоспособности	Практическое исключение отечественных структур современного промыслового судостроения
4. Приобретение проекта и лицензии на постройку судов с модернизацией проекта или судна	Становление и развитие отечественной базы проектирования и постройки НМС и других типов судов, рост показателей их эффективности	Повышение роли структур развития флота и современного промыслового судостроения
5. Оптимизационное проектирование и постройка отечественных РС	Развитие отечественной базы проектирования и постройки РС, достижение оптимальных показателей их эффективности и обеспечение их конкурентоспособности	Способность самостоятельно и оперативно отслеживать, и решать проблемы отрасли

Рисунок 1.4.1- Инвестиционные решения и их ожидаемые результаты

1.5. Цели и задачи диссертационного исследования

Основной целью диссертационной работы является разработка методики оптимизационного выбора характеристик среднетоннажных рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства Вьетнама. Достижение поставленной цели предполагает решение задач, представленных на рисунке 1.5.1.

Методика оптимизационного выбора характеристик НРС для морского рыболовства СРВ				
Информационная база и постановка задачи исследования				
<i>Анализ состояния рыболовного флота СРВ</i>	<i>Исходные данные и характерные особенности современных НРС</i>	<i>Обзор исследования по теме обоснованию рыболовных судов</i>	<i>Формирование методологической концепции развития морского рыболовства Вьетнама на базе НРС</i>	<i>Цель и задачи диссертационного исследования</i>
Реконструирование, статистический и ТЭА проектных и эксплуатационных характеристик НРС				
<i>Реконструирование характеристик современных НРС</i>	<i>Статистический анализ характеристик и элементов НРС</i>	<i>Исследование характеристик вместимости НРС</i>	<i>Исследование характеристик устойчивости НРС</i>	<i>Анализ влияния характеристик НРС на их эффективность</i>
Математическое моделирование НРС и их эксплуатации				
<i>Концепция НРС и их эксплуатации для ТЭУ СРВ</i>	<i>Математическая модель эксплуатации НРС</i>	<i>Математическая модель для задач оптимизации характеристик НРС (МоНРС₂)</i>	<i>Модель МоНРС₂ как программный продукт</i>	
Разработка методики оптимизационного выбора характеристик НРС				
<i>Оптимизационные исследования характеристик НРС для условий морского рыболовства СРВ</i>	<i>Методика оптимизационного выбора характеристик НРС</i>		<i>Основные выводы и практические рекомендации</i>	

Рисунок 1.5.1 – Задачи исследований

Основные из них включают следующее:

1. реконструирование проектных параметров современных НРС,
2. комплексный ТЭА характеристик этих судов с использованием опубликованных материалов и полученных по результатам их реконструирования,
3. разработку ММС для осуществления предваряющей экономической экспертизы и отбора наиболее эффективных НРС при их эксплуатации в за-

данных ТЭУ и последующего оптимизационного выбора их проектных характеристик,

.4. оптимизационные исследования характеристик НРС и их обобщение для учета при решении инвестиционных задач.

Результаты работ данного направления формируют методику оптимизационного выбора характеристик НРС для морского рыболовства СРВ. Под данной методикой понимается совокупность последовательных действий, направленных на получение оптимизированного варианта технического задания, определяющего концепцию, облик, основные характеристики и качества будущего судна для заданных ТЭУ его эксплуатации.

Основные результаты по главе 1

Выполнен анализ современного состояния сырьевой базы рыболовства Вьетнама, его рыбопромыслового флота. Отмечается, что в области рыбной промышленности СРВ в 2014 году принято постановление правительства №67/2014/NĐ-CP, которое стимулирует строительство среднетоннажных и более крупных рыболовных судов для удаленного рыболовства. Представлены характерные особенности современных НРС в части используемого мокрого способа сохранения и транспортировки улова, а также высокой насыщенности оборудования и энерговооруженности, которые показали НРС как новую категорию эффективных рыболовных судов. Сформулированы методологические положения по выполнению диссертационного исследования, направленного на решение задач пополнения флота морского рыболовства СРВ на базе среднетоннажных НРС. Проведен обзор исследований по обоснованию элементов и характеристик рыболовных судов. В результате представленных материалов сформированы цель и основные задачи последующих исследований.

Глава 2. Реконструирование, технико-экономический анализ проектных и эксплуатационных характеристик рыболовных наливных судов

Очевидный интерес к современным эффективным НРС предопределяет необходимость в разработке методики их оптимизационного проектирования. Это предполагает изучение и анализ проектных и других технических характеристик НРС. Однако, как отмечено в разделе 1.3, информация по НРС в открытой печати представляется скупо, в основном на уровне рекламных материалов. Неопределенность в значениях современных проектных параметров НРС требует их реконструирования с последующим статистическим анализом, в результате которого для рассмотренных НРС можно получить оценки значений проектных параметров и других характеристик. При этом необходимо учесть, что в результате статистического анализа случайных величин для задач проектирования необходимы не только их средние значения \bar{y} и аппроксимирующие регрессионные зависимости $y=f(x)$, легко получаемые с использованием компьютерных редакторов, но и дисперсионные характеристики, определяющие характер регрессий и их приемлемость для выбора проектных решений [7; 19]. Полученные регрессии демонстрируют качественную и приближенную количественную связь функции и ее аргументов. Их использование для расчета элементов судна в рамках статистического метода проектирования, зачастую привлекаемого проектантов своей простотой, представляется недопустимым без установления не только тесной корреляционной связи ее составляющих, но и малых значений их среднеквадратичного отклонения σ , определяющего степень рассеивания статистических данных относительно полученных регрессий. Заметим, что оценку степени рассеивания удобно оценивать значением коэффициента вариации $\delta_v = \sigma/\bar{y}$ и коэффициента детерминации R^2 .

В данной главе представлен комплексный технико-экономический анализ характеристик НРС, включающих характеристики геометрии судна, его вместимости, энерговооруженности, остойчивости экономической эффективности. Характеристики НРС, опубликованные в печати, дополнены результатами

реконструирования современных НРС.

2.1. Реконструирование и исследование характеристик вместимости среднетоннажных рыболовных наливных судов

В качестве исходных данных для реконструирования использованы материалы из периодической печати, аналитических обзоров и сайтов проектно-конструкторских организаций. Для этого из сети интернета [90-93; 95; 96; и др.] отобрано 23 современных рыболовных судов наливного типа. Согласно инструкции классификации [39], эти суда являются мало- и среднетоннажными (см. Приложение А). Из их числа 11 были реконструированы. Диапазон их характеристик составил по длине 23...60м, по водоизмещению 600...3600 т, по мощности главных двигателей 1000...4000 кВт, по грузоместимости 200...1700 м³ и по численности экипажа 8...14 чел. (таблица 2.1.1).

Таблица 2.1.1–Характеристики мало- и среднетоннажных рыболовных судов наливного типа

№	Суда	L _p , м	B, м	H, м	T, м	v _s , уз.	N _{ек} , чел.	N _{gd} , кВт	N _{dg} , кВт	N _{ref} , кВт	W _{grz} , м ³
1	Sildaskjaer	23,60	8,50	5,98	4,70	11,5	9	1050	332	223	195
2	Solvaerskjaer	28,70	9,30	6,20	4,90	12,0	9	1319	428	465	368
3	JulianneIII	33,30	12,00	7,80	6,63	13,9	12	3000	910	600	584
4	Silva Nova	36,00	10,00	7,30	6,15	13,0	9	2460	630	528	535
5	Norafjell	38,40	10,00	7,00	6,00	15,0	14	2400	1162	744	570
6	Clipperton	46,30	10,00	7,15	6,50	15,0	8	2031	690	756	1023
7	Veronica	49,80	12,00	7,60	6,80	14,6	11	3975	1040	1512	1580
8	Paula	51,60	12,00	8,00	7,00	16,0	14	3460	1411	2558	1430
9	Libas	55,0	11,6	7,0	6,00	17,0	9	2640	701	634	1200
10	SvanaugElise	56,40	13,00	8,60	6,46	17,5	12	3460	1240	1506	1550
11	Hargun	60,0	12,60	8,40	7,15	16,0	14	3840	2313	1884	1700

Обозначение: L_p –длина между перпендикулярами, B –ширина, H–высота борта, T –осадка, v_s –скорость, N_{ек} –численность экипажа, N_{gd}–мощность главного двигателя, N_{dg} –мощность дизель-генератора, N_{wg}–мощность валогенератора, N_{ref} –мощность рефрижераторной установки, W_{grz} –фактический объем грузового трюма.

Полученная информация по НРС носила лишь рекламный характер.

Вместе с тем, требования рекламы определяют необходимость представлять по судам схемы или даже чертежи их общего расположения (ОР). Эти документы обладают достаточно большой информативностью, а использование современных информационных технологий (действующих общекорабельных программ и аппарата проектного моделирования РС), обеспечивает возможность реконструирования (воссоздания) значимого ряда проектных характеристик этих судов. Для этого в ходе реконструирования использован современный корабельный программный комплект Maxsurf, который обеспечивает удобную возможность воссоздания теоретических чертежей судов и, по схемам их ОР, разбивки их корпусов на функциональные отсеки с представлением комплекса их геометрических характеристик.

Общая схема реконструирования, принятая в данной работе, представлена на рисунке 2.1.1, а пример детализированной разбивки корпуса судна на функциональные отсеки (с построением линий палуб и переборок) - на рисунке 2.1.2. При выполнении расчетов геометрических характеристик судна и его отсеков использован программный модуль Hydromax (в составе пакета Maxsurf). Пример теоретического чертежа и 3D обвода корпуса судна, воссозданных в Maxsurf представлен на рисунке 2.1.3, а результат расчетов КЭТЧ по Hydromax - рисунок 2.1.4. Полные данные по результатам реконструирования НРС представлены в Приложении Б.

Для усовершенствования процесса реконструирования проектных характеристик НРС при помощи программного комплекта Maxsurf выполнено следующее:

1. Осуществлен выбор схемы (чертежей) ОР судна с последующей переработкой, корректировкой и перестроением линий обвода корпуса судна в 3D-пространстве при использовании компьютерных графических редакторов (AutoCad, Rhinoceros или их эквивалентов);

2. Воссозданы обводы судна по 3D-линиям с использованием программы Maxsurf и последующим построением переборок и палуб для детализированной разбивки судна на отдельные помещения;

.3. С использованием программного модуля Hydromax выполнены расчеты гидростатических кривых элементов теоретического чертежа (КЭТЧ) судна и геометрических характеристик составляющих его отсеков.

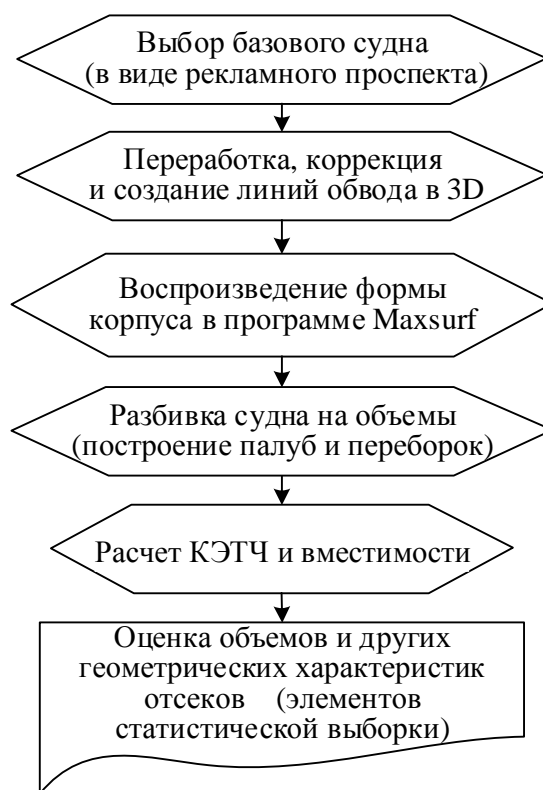


Рисунок 2.1.1–Общая схема реконструкции

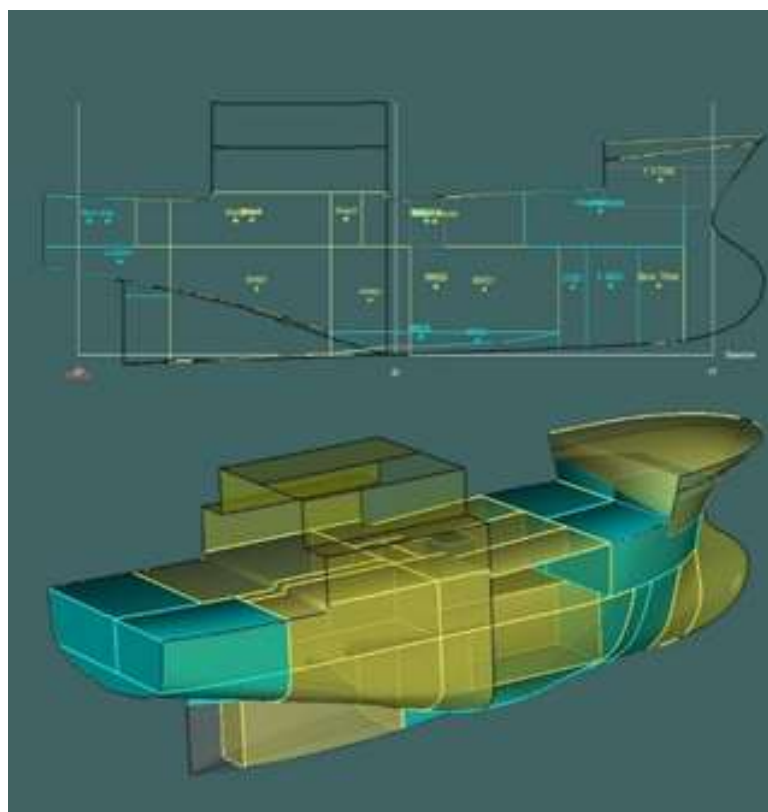


Рисунок 2.1.2–Схема разбивки на отсеки НРС Jullian III

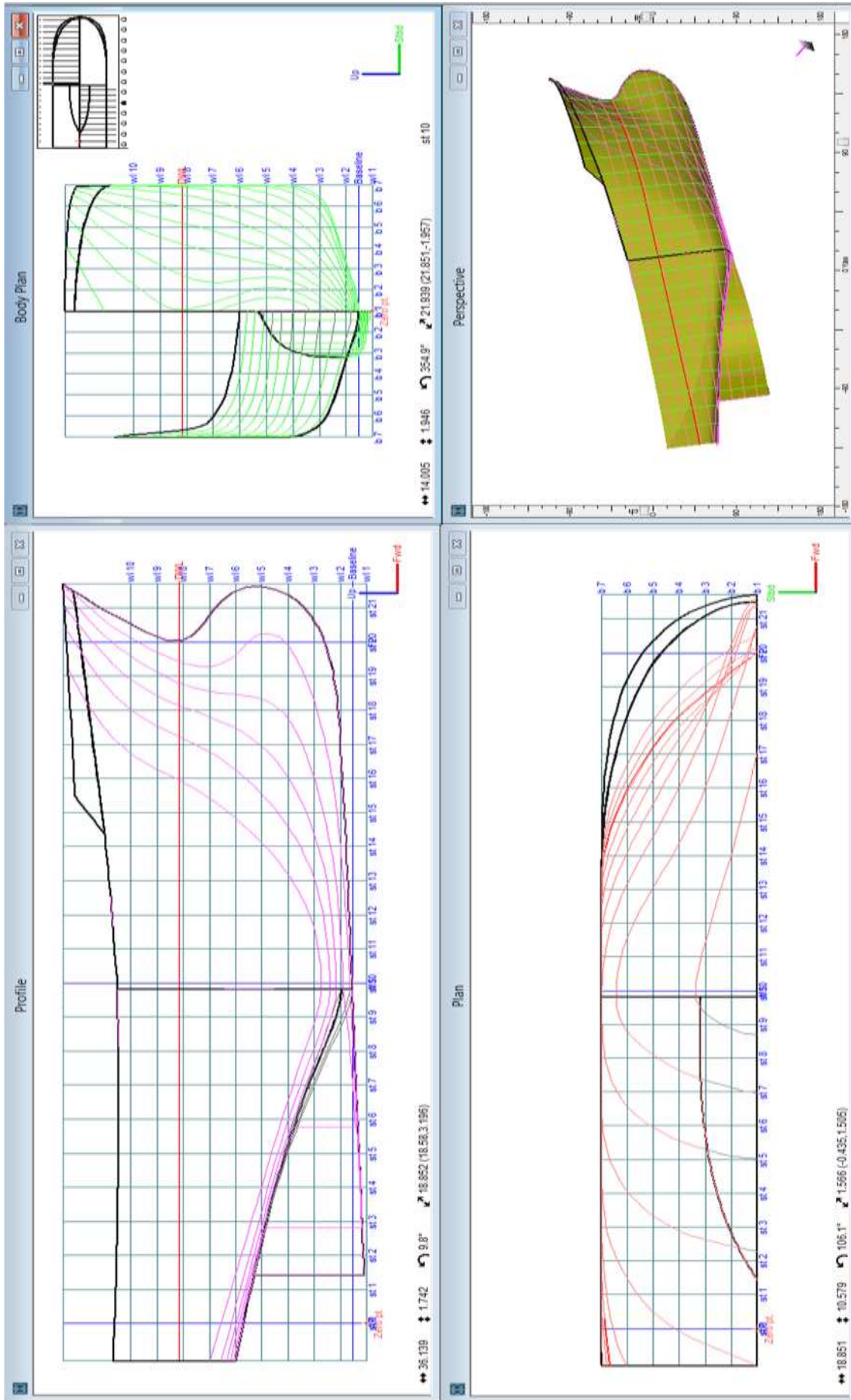


Рисунок 2.1.3— Теоретический чертеж и обвод судна в Maxsurf

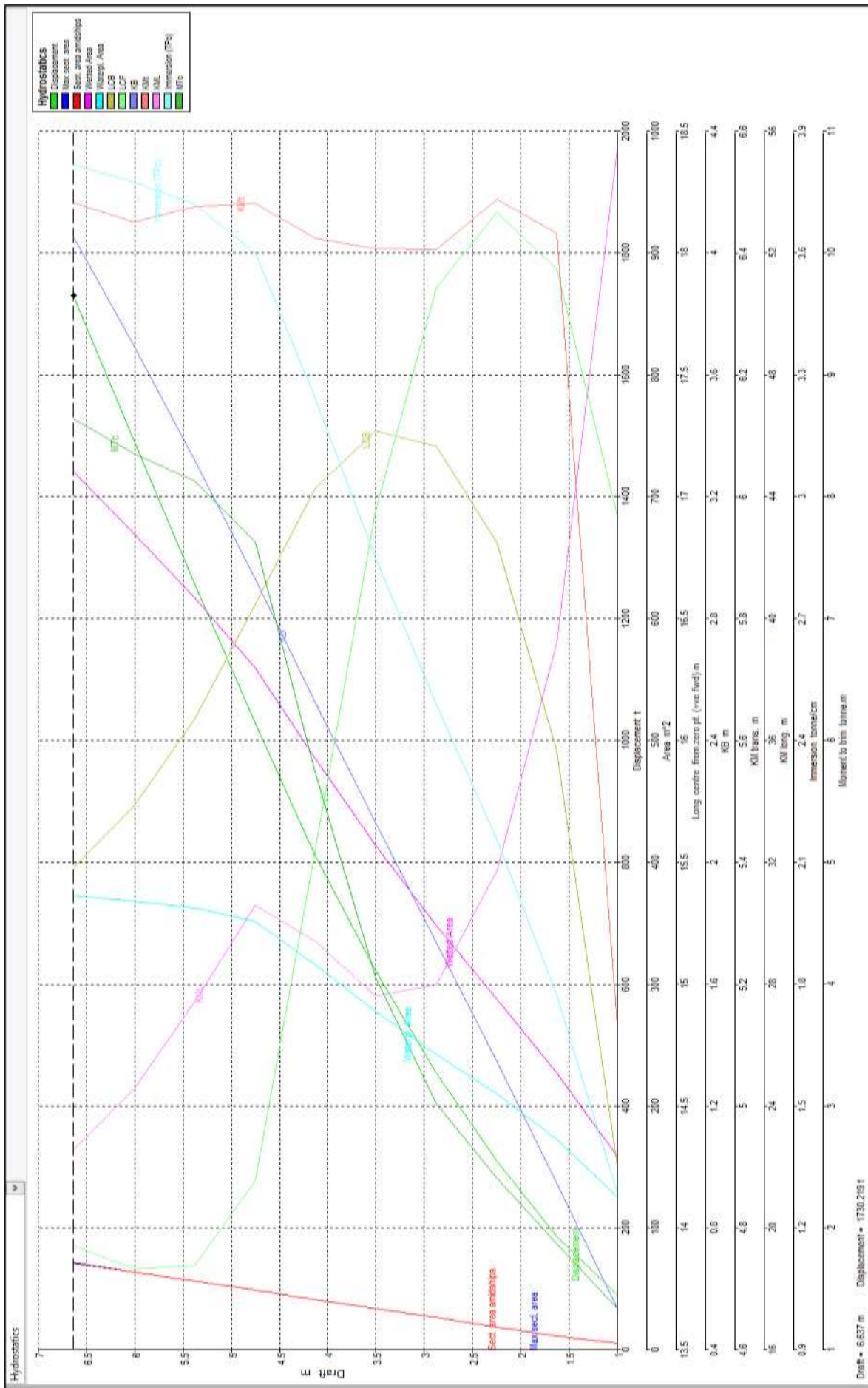


Рисунок 2.1.4– Кривые элементов теоретического чертежа

Очевидно, что развитие современных информационных технологий позволяет развивать и совершенствовать методику реконструирования с сокращением его трудоемкости и обеспечением возможности в разработке проектных обобщений. Важная роль при реконструировании характеристик судна отводится воссозданию его теоретического чертежа и расчетам вместимости. Конкретными результатами реконструирования являются:

- .1. характеристики формы судна, включающие кривые элементов теоретического чертежа (КЭТЧ) для его основного корпуса,
- .2. оценка относительной аппликаты ЦТ судна порожнем для расчетов устойчивости судна в различных случаях нагрузки.
- .3. уравнения вместимости заданного судна с представлением эмпирических обобщенных регрессий для составляющих вместимости судна.

При проектировании рыболовных судов одной из важных задач, стоящих перед проектировщиками, является обеспечение объемов, необходимых для размещения груза, механизмов, жилых и служебных помещений, помещений производственно-технологического оборудования, судовых запасов топлива, воды, балласта и пр. Результаты расчетов объемов, полученных при реконструировании, позволяет решить данную задачу. При этом, с использованием программного продукта MS Excel, можно построить регрессии судовых объемов в зависимости от эксплуатационных характеристик НРС и его основных элементов [27]. Рассмотрим особенности задачи обеспечения вместимости современным НРС.

Классификация помещений НРС

Для НРС, его полная вместимость W_s , может быть разделена на следующие функциональные составляющие [34]:

- помещения общесудового назначения (ОСН) W_{osn} , конструктивно выделенные в оконечностях судна. W_{osn} включают в себя объемы форпика (боцманские кладовые, носовой бульб с жидким балластом W_{bl}), помещения ры-

болопоискового комплекса и носового подруливающего устройства, румпельного отделения и сетевых кладовых W_{sn} .

- грузовые помещения для хранения рыбной продукции W_{grz} ,
- цистерны топливные W_{tpz} и для пресной воды W_{pvz} ,
- жилые и бытовые помещения для экипажа W_{ek} ,
- агрегатные помещения судна W_{agr} включают рыбообрабатывающий цех W_{rc} (при его наличии) и вспомогательные помещения технологического назначения (для размещения рыбонасосов, шлангов и коммуникаций на судне),
- помещение рефрижераторной установки W_{ref} ,
- машинно-котельное отделение (МКО) W_{mo} (за вычетом объемов для запасов топлива и пресной воды, расположенных в МКО).

Фактическая вместимость рыболовного судна W_s измеряется суммарным объемом основного корпуса W_k и объемом надстроек и рубок W_n : $W_s = W_k + W_n = W_k(1 + S_n)$, где S_n – коэффициент развития надстроек (отношение объемов надстроек и рубок к объему основного корпуса). Для рассмотренных НРС коэффициент развития надстроек составляет $S_n = 0,14 \pm 0,025$.

Для определения фактического объема основного корпуса НРС использована известная формула для промысловых судов [68]:

$$W_k = K_{sdl} \cdot C_v \cdot D \cdot (H/T)^{\alpha/\delta} \quad (2.1.1)$$

где $K_{sdl} = 1,05 \pm 0,027$ – коэффициент, учитывающий седловатость судна и погирь бимсов, C_v – эмпирический коэффициент, значение которого $C_v = 0,986 \pm 0,01$ (при $\delta_v = 3\%$) и α , δ – коэффициенты полноты общей и конструктивной ватерлинии судна.

Таким образом, выражение для полной вместимости НРС может быть представлено в виде:

$$W_s = (1 + S_n) K_{sdl} \cdot C_v \cdot D \cdot (H/T)^{\alpha/\delta} \quad (2.1.2)$$

По результатам расчетов вместимости НРС осредненное распределение объема всего судна между составляющими отражено на рисунке 2.1.5.

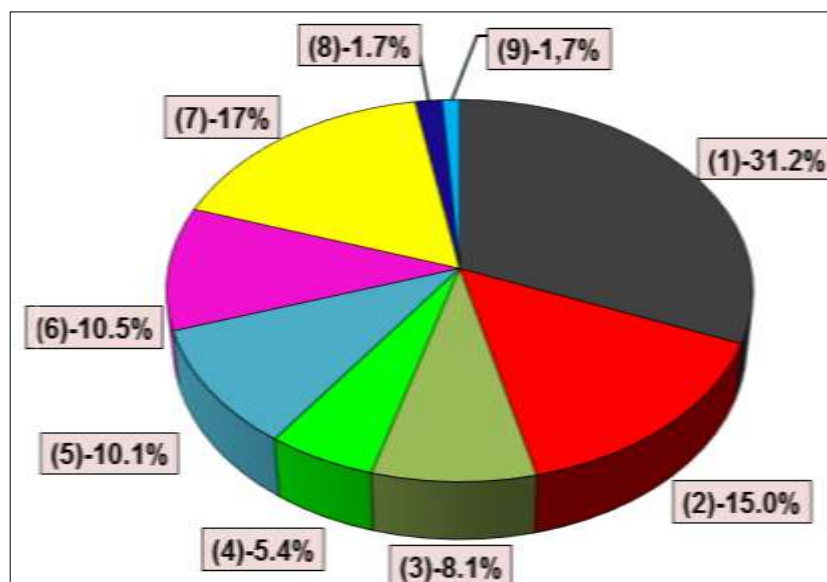


Рисунок 2.1.5- Средние относительные объемы составляющих помещений судна

1–грузовые помещения; 2–МКО; 3–топливо; 4–рефустановка; 5–помещения ОСН; 6–агрегатные; 7–экипаж; 8–пресная вода; 9–жидкий балласт.

Общие характеристики вместимости НРС

Одной из важных характеристик вместимости современных НРС является их брутто (GT) и нетто (NT) регистровые тоннажи, значения которых зачастую приводятся при представлении судна или его проекта. Статистический анализ этих характеристик показал их тесную корреляционную взаимосвязь с водоизмещением судна (см. рисунок 2.1.6).

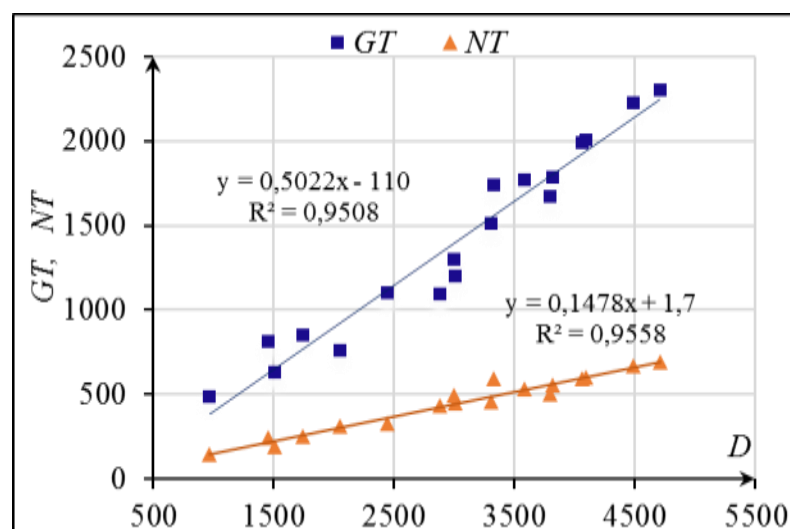


Рисунок 2.1.6- Зависимость GT, NT от водоизмещения судна

Зависимости регистровых тоннажей НРС от водоизмещения представляются в следующем виде:

$$GT=0,5022D-110\pm 52 \quad (2.1.3)$$

$$NT= 0,1478D+1,7\pm 4,9 \quad (2.1.4)$$

И их относительные значения определяются выражениями:

$$GT/D=0,4427\pm 0,026 \quad (2.1.5)$$

$$NT/D=0,1466\pm 0,0037 \quad (2.1.6)$$

В этих формулах коэффициенты корреляции δ_v соответственно составляют 3,8; 1,1; 5,6; и 2,5 процентов. Это свидетельствует, что регрессии для GT и NT имеют практическую значимость с низкой степенью разброса данных и позволяет их использовать для первичной оценки водоизмещения НРС.

Вместе с GT и NT, из описания рекламного проспекта судов также можно получить коэффициент утилизации водоизмещения НРС по их дедвейту D_w , значение которого в среднем составляет: $\eta_{D_w}=D_w/D=0,47$. С ростом водоизмещения этих судов значения коэффициента увеличиваются в соответствии с регрессией: $\eta_{D_w}=0,4+3D/10^5\pm 0,13$, при $\delta_v=29\%$.

Объем грузовых помещений НРС

Общее представление по вместимости НРС (рисунок 2.1.5) показывает, что главной долей вместимости НРС являются наливные танки с грузом рыбной продукции W_{grz} . Их объем определяется регрессиями в зависимости от водоизмещения (см. рисунок 2.1.7):

$$W_{grz}=0,49D-88,9\pm 193, (\delta_v=15\%) \quad (2.1.7)$$

или W_{grz} в функции от расчетной длины судна:

$$W_{grz}=44,7L_p-952\pm 212 (\delta_v=17\%) \quad (2.1.8)$$

Для НРС основная доля дедвейта приходится на наливные танки с грузом рыбной продукции. Кроме формул (2.1.7) и (2.1.8), относительное значение объема наливных танков W_{grz} также можно определить по регрессии $W_{grz}/D=0,32+0,4D/10^4\pm 0,07$.

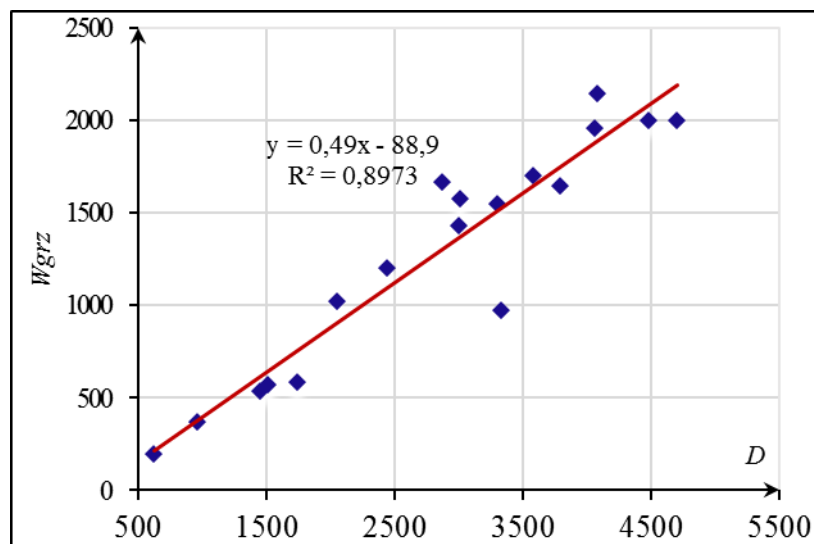


Рисунок 2.1.7- Зависимость объема трюма от водоизмещения судна

Объем грузовых помещений W_{grz} , м³ обычно приводится в составе характеристик заданного судна и соответствует массе рыбной продукции в таре $P_{grz} = W_{grz}/w_{p_{gr}}$, т. Наливной рыбный танк заполняется не только рыбой, но и водой, которая как бы исполняет функции тары, определяемой коэффициентом K_{tar} . В приводимых расчетах принято $K_{tar} = 1,25$. Это означает, что в рыбном танке 20% воды, а масса собственной рыбы составляет $P_{prz} = P_{grz}/K_{tar}$. Теоретический объем всех грузовых помещений судна W_{gr} , м³ включает в себя потери фактического объема на судовой набор и изоляцию рыбных трюмов или танков. Значение этого коэффициента потерь определяется соотношением $K_{izn} = W_{gr}/W_{grz}$.

Объем машинно-котельного отделения

Машинно-котельное отделение на современных НРС размещается в корме и характеризуется высокой компактностью схемы СЭУ. Для оценки объема МКО выделим следующие значения мощностей: $N_{gdd} = N_{gd} + N_{dg}$ и $N_s = N_{gdd} + N_{wg}$, где N_{gd} – мощность главного двигателя; N_{dg} – мощность вспомогательных дизель-генераторов (ВДГ) и N_{wg} – мощность валогенераторов. Получена следующая формулы для W_{mo} (см. рисунок 2.1.8):

$$W_{mo} = 0,13N_{gdd} \pm 53, (\delta_v = 11\%) \quad (2.1.9)$$

Относительный объем МКО в среднем составляет $W_{mo}/N_{gdd}=0,126$ и определяется регрессией:

$$W_{mo}/N_{gdd}=0,107+5N_{gdd}/10^6\pm 0,016 \quad (2.1.10)$$

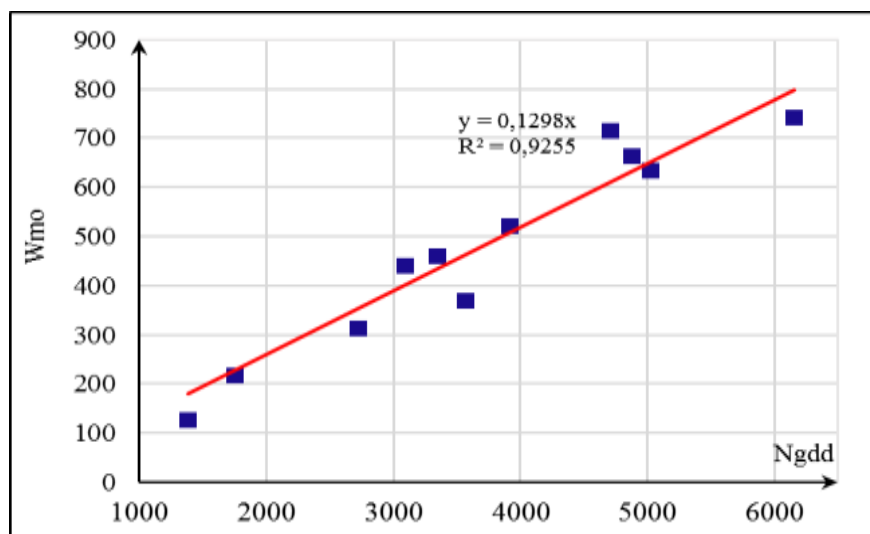


Рисунок 2.1.8 - Зависимость объема W_{mo} от значений N_{gdd}

При компоновке МКО важной характеристикой также является не только его объем, но и длина L_{mo} , м, определяемая в значительной мере длиной главного двигателя [42]. На современных НРС машинное отделение размещается в корме и выгодно отличается своей компактностью от традиционных отечественных судов. По результатам обработки соответствующих данных получены тесные связи между значениями L_{mo} и мощностью судна (см. рисунки 2.1.9– 2.1.10).

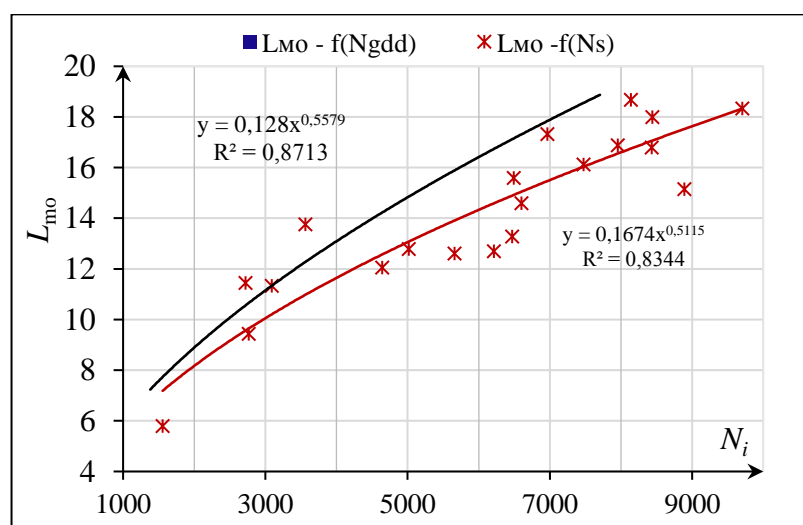


Рисунок 2.1.9- Зависимости длины МО от мощности N_{gdd} , N_s судна

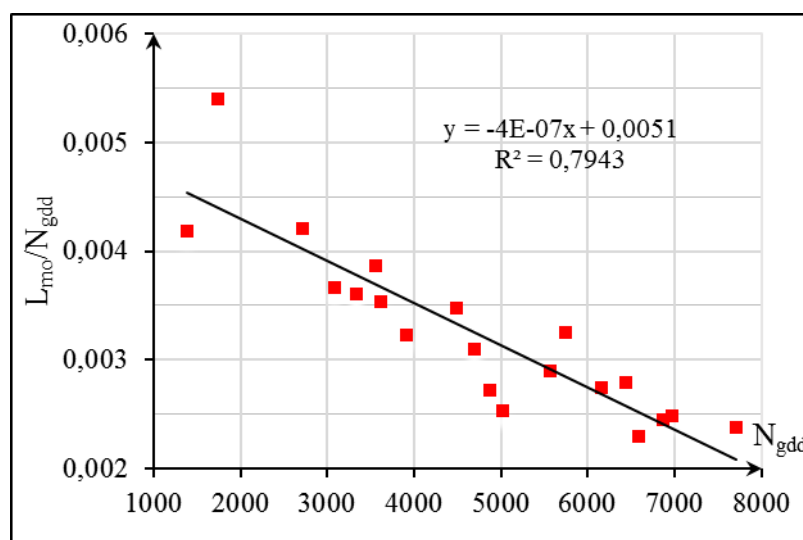


Рисунок 2.1.10- Зависимость соотношения L_{mo}/N_{gdd} от мощности N_{gdd} судна

Для определения длины МКО получены следующие регрессии:

$$L_{mo}=0,128N_{gdd}^{0,5579} \pm 1,23, (\delta_v=9\%) \quad (2.1.11)$$

и

$$L_{mo}=0,1674N_s^{0,5115} \pm 1,36, (\delta_v=10\%) \quad (2.1.12)$$

Регрессия для оценки относительной длины МКО имеет вид:

$$L_{mo}/N_{gdd}=0,0051-0,4N_{gdd}/10^6 \pm 3,5/10^4, (\delta_v=11\%) \quad (2.1.13)$$

при этом среднее значение L_{mo}/N_{gdd} составило $\bar{y}=3,2 \cdot 10^{-3}$.

Объемы других помещений судна

Твиндек двухпалубных НРС занят жилыми и бытовыми помещениями для части экипажа W_{ek} , рефрижераторной установкой W_{ref} , агрегатными W_{agr} . В кормовой части НРС также размещаются сетевые кладовые, румпельное отделение, цистерны кормового свеса. При этом:

- Румпельное отделение современных РС компактно. По этой причине его объем может быть включен в общий объем помещений для общесудового и промышленного снаряжения W_{sn} ,
- Объем цистерн кормового свеса под румпельным отделением используется для размещения топлива.

Помещения общесудового назначения W_{osn} и агрегатных W_{agr} можно рас-

смагивать как долю объема корпуса в соответствии с регрессиями на рисунках 2.1.11-2.1.12:

$$W_{osn} = 0,112W_k \pm 39, (\delta_v = 13\%) \quad (2.1.15)$$

$$W_{agr} = 0,0877W_k + 61,4 \pm 45, (\delta_v = 15\%) \quad (2.1.16)$$

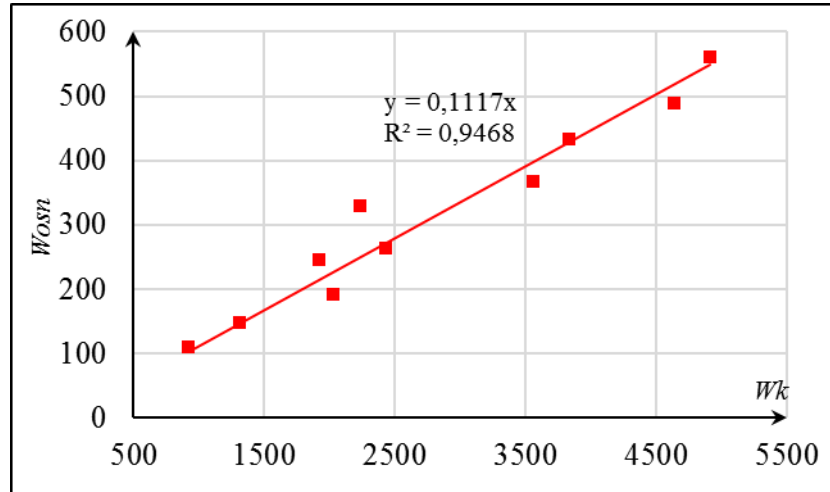


Рисунок 2.1.11-. Зависимость объемов W_{osn} от объема основного корпуса W_k судна

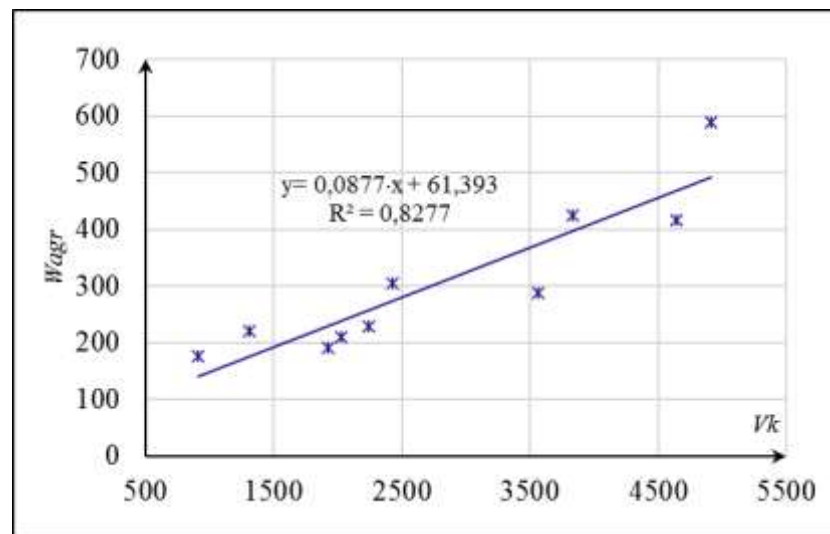


Рисунок 2.1.12 - Зависимость объемов W_{agr} от объема основного корпуса W_k судна

Объем помещений для размещения экипажа зависит не только от его численности, но и от водоизмещения судна и определяется следующей формулой ($R^2 = 0,886$):

$$W_{ek} = 4,122N_{ek}^{0,737}D^{0,393} \pm 55, (\delta_v = 12\%) \quad (2.1.17)$$

Объем рефрижераторной установки зависит от ее холодопроизводительности (N_{ref} , кВт):

$$W_{ref}=0,178N_{ref} \pm 96, (\bar{y}=184 \text{ и } \delta_v=52\%), \quad (2.1.14)$$

Двойное дно под грузовыми помещениями используется под топливные цистерны и (вместе с объемом других топливных цистерн и машинного масла в МКО, диптанках и др.) формирует теоретический объем полных судовых запасов топлива W_{tp} . Соотношение теоретического W_{tp} и фактического W_{tpz} определит значение коэффициента потерь объемов судна на телесность набора топливных цистерн $K_n=W_{tp}/V_{tpz}$. Подход к определению судовых запасов пресной воды W_{pv} аналогичен изложенному для W_{tp} . Следует отметить, что информация по судовым запасам дизельного топлива и пресной воды, как правило, известна, поскольку приводится в рекламных проспектах современных НРС.

Для оценки практической значимости полученных регрессий выполнены сопоставительные расчеты вместимости фактической W_s и потребной W_{sp} , определяемой по полученным эмпирическим зависимостям:

$$W_{sp} = \Sigma W_i = W_{grz} + W_{tpz} + W_{pvz} + W_{ek} + W_{agr} + W_{ref} + W_{mo} + W_{osn}, \quad (2.1.18)$$

При этом средняя разница между значениями этих объемов составила менее 5%. Это свидетельствует о том, что полученные регрессии имеют приемлемую точность и могут быть использованы при составлении уравнения вместимости в математической модели НРС. Вместе с тем необходимо также отметить, что отмеченная погрешность в расчетах в первую очередь определяется разбросом статистических данных по объемам МКО, характерных разнообразием по схеме их компоновки. Поэтому при расчетном определении объемов МКО необходимо учитывать индивидуальные особенности энергетической установки конкретных НРС, принимаемых в процессе проектирования в качестве судов-прототипов.

2.2. Главные размерения и форма корпуса современных среднетоннажных рыболовных наливных судов

Из ряда геометрических характеристик НРС рассмотрим их главные размеры (длину между перпендикулярами L_p и по конструктивной ватерлинии (КВЛ) L_w , ширину B , высоту борта до верхней палубы H , осадку в грузу T , надводный борт F , м) и их соотношения, а также основные коэффициенты полноты: общей $\delta = V / (L_p B T)$ (здесь V , м³, – объемное водоизмещение), мидельшпангоута β и конструктивной ватерлинии α . Заметим, что эти данные определяют значения других коэффициентов полноты: продольной $\varphi = \delta / \beta$ и вертикальной $\chi = \delta / \alpha$.

В соответствии с [63], в качестве расчетной длины судна принята длина между перпендикулярами L_p , м. Она измеряется от оси баллера руля (или поворотной насадки) до пересечения форштевня с конструктивной ватерлинией (при наличии носового бульба – это кормовая точка сопряжения бульба и линии форштевня). Статистический анализ соотношения $K_l = L_w / L_p$ для всех НРС показывает снижение его значений с ростом длины судна:

$$K_l = 1,08 - 6L_p / 10^4 \pm 0,24, (\delta_v = 22\%) \quad (2.2.1)$$

Среднее его значение составило $K_l = 1,05$. При размещении в корме гребного винта в поворотной насадке значение этого коэффициента увеличивается на 5-6%.

При анализе взаимосвязи главных размерений НРС определяются закономерности изменения ширины B , высоты борта H , осадки T от расчетной длины судна L_p по следующим линейным регрессиям при небольшом разбросе данных (рисунок 2.2.1):

$$B = 0,1128L_p + 6,300 \pm 0,96, (\delta_v = 8\%) \quad (2.2.2)$$

$$H = 0,0618L_p + 4,765 \pm 0,49, (\delta_v = 6,3\%) \quad (2.2.3)$$

$$T = 0,063L_p + 3,4 \pm 0,45, (\delta_v = 6,9\%) \quad (2.2.4)$$

Регрессия для надводного борта $F = H - T$ оказывается неустойчивой ($\delta_v = 26\%$) при среднем его значении в 1,3 м:

$$F = H - T = -0,0011L_p + 1,366 \pm 0,34, (\delta_v = 26\%) \quad (2.2.5)$$

Отметим также, что Правила норвежского регистра DNV GL [85] допускают на НРС отсутствие надводного борта.

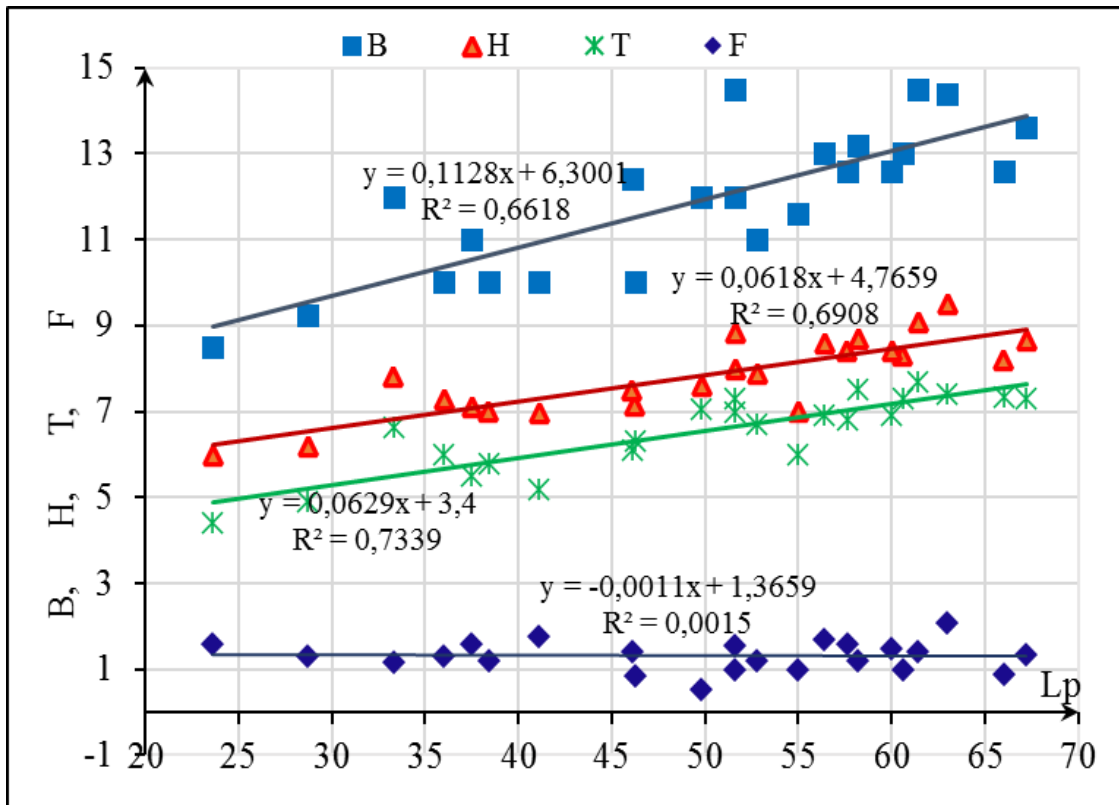


Рисунок 2.2.1- Зависимости B , H , T , F от расчетной длины L_p НРС

Анализ характеристик НРС также показал взаимосвязь их главных размеров с расчетным водоизмещением судна

Графики, представленные на рисунке 2.2.2, свидетельствуют о линейной зависимости поперечных разметов НРС (B , H и T) от расчетного водоизмещения D (для случая снятия судна с промысла с полным грузом рыбной продукции и судовыми запасами, необходимыми для возвращения в порт). Для длины судна зависимость степенная:

$$L_p = 0,9011D^{0,507} \pm 3,62, (\delta_v = 7,3\%) \quad (2.2.6)$$

$$B = 8,021 + 1,4D/10^3 \pm 0,64, (\delta_v = 5,3\%) \quad (2.2.7)$$

$$H = 5,82 + 0,7D/10^3 \pm 0,36, (\delta_v = 4,6\%) \quad (2.2.8)$$

$$T = 4,685 + 0,7D/10^3 \pm 0,34, (\delta_v = 5,1\%) \quad (2.2.9)$$

В целом результат обработки этих регрессий показывает их практическую значимость с относительно небольшим разбросом статистических данных (значения коэффициентов вариации δ_v менее 7,3 %).

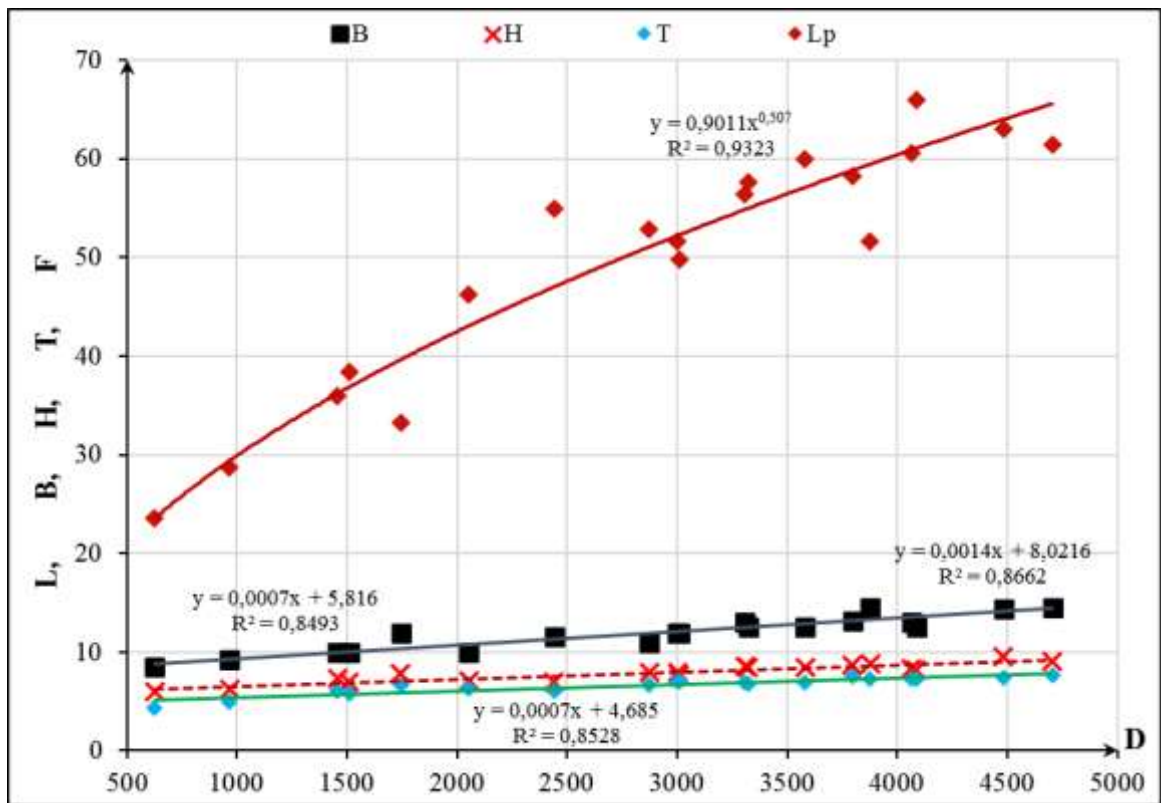


Рисунок 2.2.2- Зависимости L_p , B , H , T от водоизмещения D

Вместе с тем, для задач проектирования больший интерес представляют не абсолютные, а относительные характеристики судна. Для среднетоннажных НРС с их практически устоявшейся архитектурой, значения соотношений главных размерений судна относительно стабильны. Для их оценки могут быть использованы следующие регрессии (см. рисунок 2.2.3):

$$L_b = L_p/B = 0,579D^{0,249} \pm 0,36, (\delta_v = 8,6\%) \quad (2.2.10)$$

$$B_t = B/T = 1,76 + 0,2D/10^4 \pm 0,11, (\delta_v = 6,1\%) \quad (2.2.11)$$

$$H_t = H/T = 1,25 - 0,2D/10^4 \pm 0,06, (\delta_v = 5,1\%) \quad (2.2.12)$$

$$H_b = H/B = 0,71 - 0,2D/10^4 \pm 0,03, (\delta_v = 5,4\%) \quad (2.2.13)$$

В этих формулах средние значения \bar{y} соответственно составляют 4,13; 1,82; 0,66; 1,19; и 3,57. Соотношения главных размерений изменяются в диапазонах: $2,78 < L_b < 5,24$; $1,59 < B_t < 2,03$; $1,06 < H_t < 1,36$; $0,6 < H_b < 0,73$. При этом отметим, что соотношение B_t современных НРС, характерных большой осадкой, существенно меньше, чем у судов сухогрузного типа, представленных в [23].

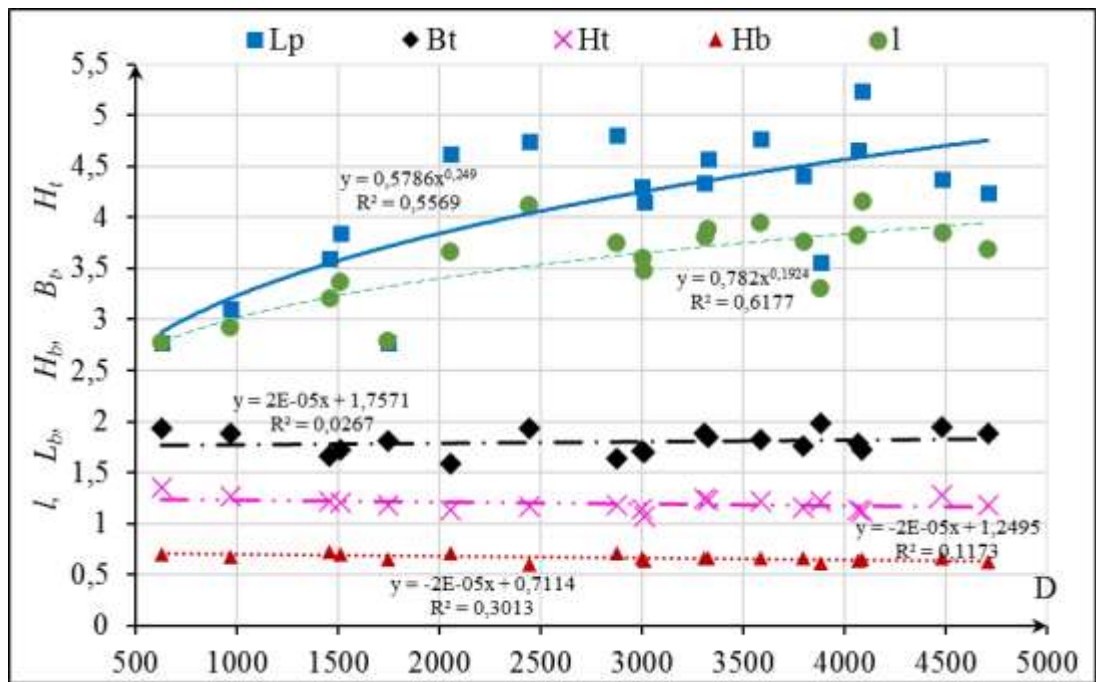


Рисунок 2.2.3- Зависимости l , L_b , V_t , H_t , H_b от водоизмещения D

Для современных НРС характерны существенно более низкие значения мер удлинения судна (его относительной длины $l=L_p/V^{1/3}$ и отношения $L_b=L_p/B$, см. рисунок 2.2.3). При этом анализ показывает практическое отсутствие связи относительной длины НРС с его скоростными характеристиками НРС, в частности – со значениями чисел Фруда. Вместе с тем отмечается небольшой рост значений l ($\bar{y}=3,57$) при росте значений D и N_{gd} (рисунки 2.2.3- 2.2.4):

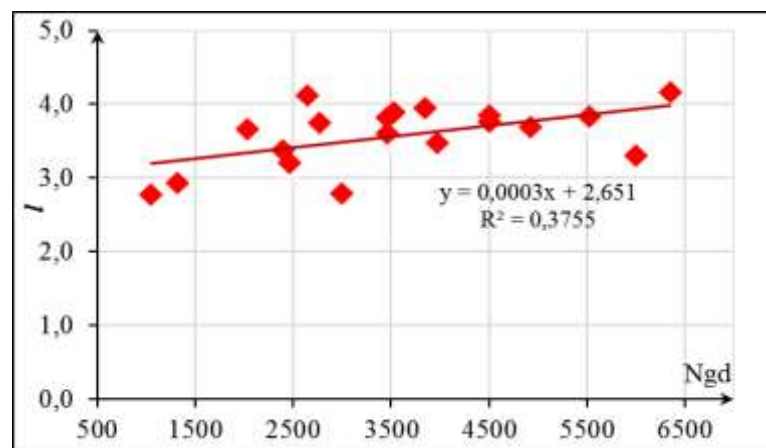


Рисунок 2.2.4- Зависимость l от мощности главного двигателя

$$l=L_p/V^{1/3}=0,782D^{0,1924}\pm 0,26, (\delta_v=7,3\%) \quad (2.2.14)$$

$$l=L_p/V^{1/3} = 2,65 + 0,3D/10^3 \pm 0,39, (\delta_v=10,8\%) \quad (2.2.15)$$

Для обеспечения работы судна с орудиями лова и их оснасткой, форма

кормы НРС принимается близкой к транцевой. Для этих судов характерны стабильно высокие значения коэффициента полноты по КВЛ α , которые несколько уменьшаются с ростом водоизмещения судов ($\alpha=0,89-D/10^6$) при среднем их значении $\bar{y}=0,87$ и $\sigma=\pm 0,02$. Коэффициенты полноты мидельшпангоута β у всех рассмотренных НРС также высокие и составляют $\beta=0,91\pm 0,02$.

Высокие значения коэффициентов α и β обуславливают высокие значения и коэффициентов общей полноты δ . Для НРС определена слабая взаимосвязь значений δ с мощностью судна $\delta=0,7-N_{gd}/10^5\pm 0,02$, и его относительной длиной $\delta=0,76-0,0254l\pm 0,01$ при средних значениях $\delta=0,66\pm 0,03$ (см. рисунок 2.2.5). Соответственно значения коэффициентов вертикальной и продольной полноты изменяются в пределах $\chi=0,72\pm 0,02$ и $\varphi=0,74\pm 0,03$ и практически не зависят от размеров судна.

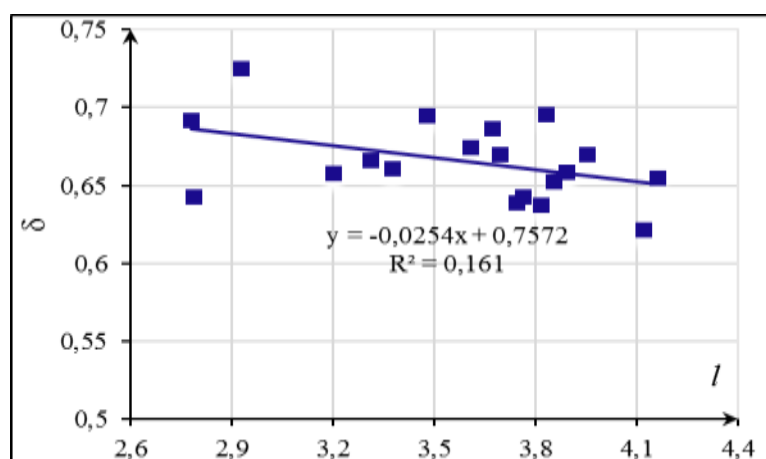


Рисунок 2.2.5- Зависимости δ от относительной длины l

2.3. Энерговооруженность современных среднетоннажных рыболовных наливных судов

Состав и эксплуатация судовых энергетических установок (СЭУ) судов рыбной промышленности характеризуются рядом особенностей, обусловленных техникой промысловой работы, технологией переработки рыбного сырья в готовую продукцию и производством грузовых операций в открытом море. Для НРС, особенностью механизмов судовой энергетической

установки является эволюция структурных схем отборов мощности от главного двигателя валогенератором [43]. Мощность механизмов СЭУ НРС определяется мощностью главных двигателей N_{gd} , вспомогательных дизель-генераторов N_{dg} , валогенераторов N_{wg} и их суммой $N_s=N_{gd}+N_{dg}+N_{wg}$ (суммарная мощность механизмов СЭУ). При анализе характеристик СЭУ выделяют также мощность ее судовой электростанции (СЭС) $N_{ses}=N_{dg}+N_{wg}$ и сумму $N_{gdd}=N_{gd}+N_{dg}$, определяющую для рассматриваемых НРС длину (L_{mo} , м) и объем (W_{mo} , м³) помещений машинного отделения (МКО). Относительные значения (коэффициенты) энерговооруженности рыболовных судов получают при делении значений мощности на водоизмещение D (например, $\eta_{gd}=N_{gd}/D$).

Для НРС оценка значений означенных мощностей может быть осуществлена в зависимости от длины судна L_p или от его водоизмещения D . При этом их регрессия подчиняются степенному закону по следующим выражениям (рисунок 2.3.1- 2.3.2):

$$N_{gd}=9,512L_p^{1,498} \pm 850 , (\delta_v=24\%) \quad (2.3.1)$$

$$N_{gdd}= 16,97L_p^{1,415} \pm 921 , (\delta_v=21\%) \quad (2.3.2)$$

$$N_s= 12,31L_p^{1,558} \pm 1092 , (\delta_v=20\%) \quad (2.3.3)$$

$$N_{gd}=4,631D^{0,834} \pm 675 , (\delta_v=19\%) \quad (2.3.4)$$

$$N_{gdd}= 7,552D^{0,805} \pm 716 , (\delta_v=16\%) \quad (2.3.5)$$

$$N_s=6,173D^{0,861} \pm 835 , (\delta_v=14\%) \quad (2.3.6)$$

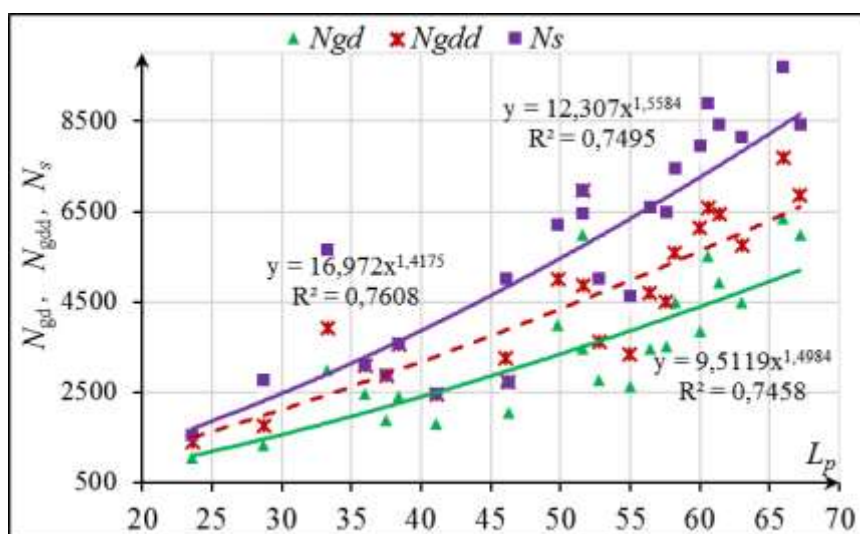


Рисунок 2.3.1- Зависимости мощностей от длины судна

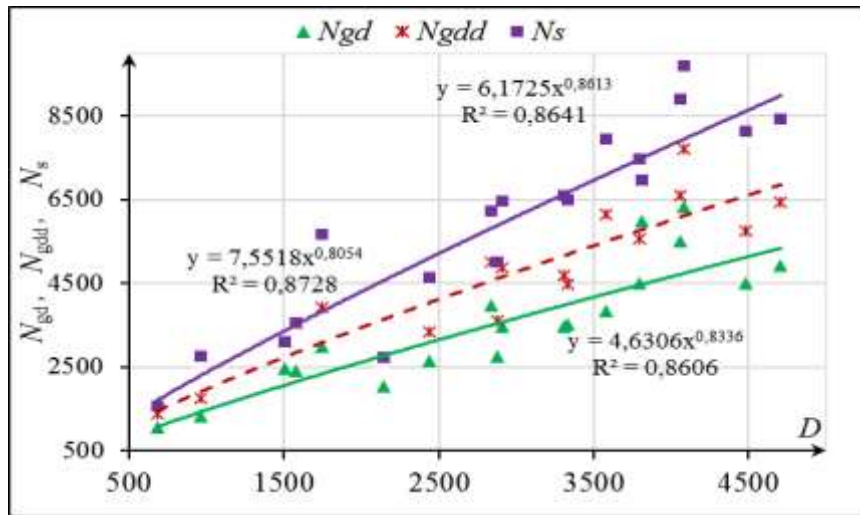


Рисунок 2.3.2- Зависимости мощностей от водоизмещения судна

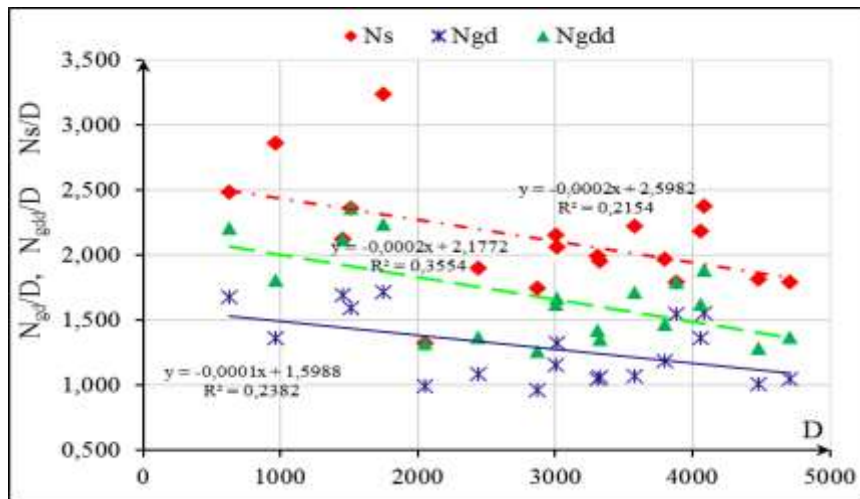


Рисунок 2.3.3- Зависимость характеристик энерговооруженности НРС от водоизмещения судна

Осредненное соотношение значений этих мощностей составляет 1 :1,29: 1,63. По этим формулам видно, что зависимости мощностей НРС от его длины L_p и водоизмещения D имеют большой разброс данных (значение $\delta_v \geq 14\%$).

Анализ относительных характеристик мощностей современных НРС показывает, что они значительно превышают аналогичные показатели отечественных рыболовных судов. Для их оценки получены следующие регрессии (рисунок 2.3.3):

$$N_{gd}/D = 1,60 - D/10^4 \pm 0,23, \quad (\bar{y} = 1,30 \text{ и } \delta_v = 17,5\%) \quad (2.3.7)$$

$$N_{gdd}/D = 2,18 - 0,2D/10^4 \pm 0,29, \quad (\bar{y} = 1,68 \text{ и } \delta_v = 17,1\%) \quad (2.3.8)$$

$$N_s/D = 2,60 - 0,2D/10^4 \pm 0,38, \quad (\bar{y} = 2,12 \text{ и } \delta_v = 18,1\%) \quad (2.3.9)$$

При этом отметим, что они могут быть использованы лишь для оценки порядка значений мощности главных двигателей НРС, поскольку дают значительную погрешность. Выбор значений N_{gd} и ряда других характеристик судна предопределяется соответствующим технико-экономическим обоснованием. Вместе с тем, представленные материалы показывают, что доминирующим фактором при выборе характеристик современных НРС является достижение высоких уловов. На этих судах это достигается за счет увеличения мощности главного двигателя и осадки, что обеспечивает в режиме траления увеличение тяги судна, соответствующей используемым орудиям лова и состоянию сырьевой базы района промысла. Соответственно мощность судна на тралении определяется в качестве одного из узловых пунктов технического задания на проектирование современного РС. Проектный выбор осадки судна и его построечного дифферента на корму определяется с учетом достижения максимальной тяги судна в режиме траления. А при выборе характеристик формы корпуса важная роль отводится комплексному обеспечению целого ряда качеств судна (его вместимости, остойчивости, мореходности и др.), а не только достижению его лучших скоростных характеристик на свободном ходу.

Заметим также, что предваряющий выбор N_{gd} уточняет промысловые возможности НРС, что позволяет более осознанно определять технологический процесс освоения, сохранения улова и состав технологического оборудования. Кроме того, в рамках системы уравнений проектирования значительная часть масс и объемов судна, связанных с N_{gd} , переводится в категорию независимых величин, что существенно упрощает решение этой системы.

Относительная электровооруженность НРС также нестабильна при среднем ее значении $N_{ses}/N_{gd}=0,65\pm 0,25$. При этом в качестве источников электроэнергии на малых судах преобладают ВДГ, которые при росте размеров судов все более заменяются валогенераторами, мощность которых позволяет вырабатывать до 60% электроэнергии судна.

Главным потребителем электроэнергии на НРС является технологическое оборудование для обработки и хранения улова. На НРС наиболее значимым и

постоянным потребителем электроэнергии является рефрижераторная установка для охлаждения рыбных танков. Важным потребителем электроэнергии являются и промысловые механизмы во время подъема трала, а также при его регулировке в режиме траления. Однако отметим эпизодичность этих энергоемких операций и их электрообеспечение с использованием валогенераторов как составных элементов в гибких схемах СЭУ современных НРС.

Для оценки ее мощности рефрижераторной установки N_{ref} , кВт, получены эмпирические формулы в зависимости от объема рыбных танков W_{grz} , м³ (см. рисунки 2.2.4-2.2.5):

$$N_{ref} = 0,9927W_{grz} \pm 370, (\delta_v=28\%) \quad (2.3.10)$$

$$N_{ref}/W_{grz} = 1,784 \cdot W_{grz}^{-0,085} \pm 0,28, (\bar{y}=1,014 \text{ и } \delta_v=27\%) \quad (2.3.11)$$

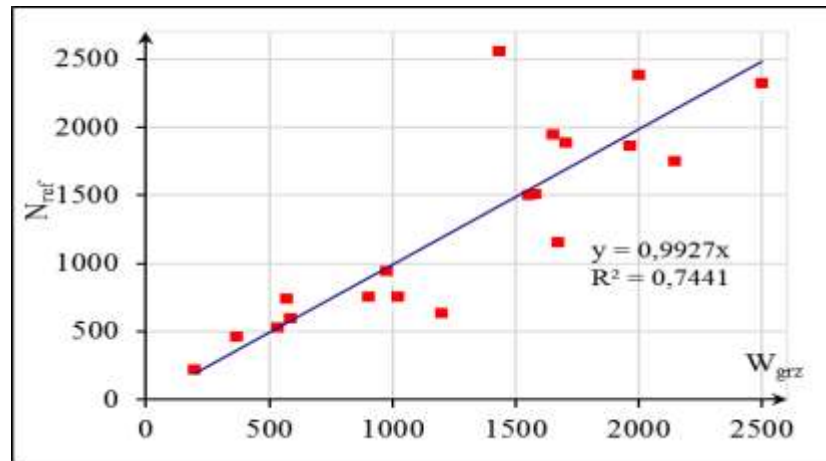


Рисунок 2.3.4- Зависимость мощности рефрижераторной установки от объема рыбных танков

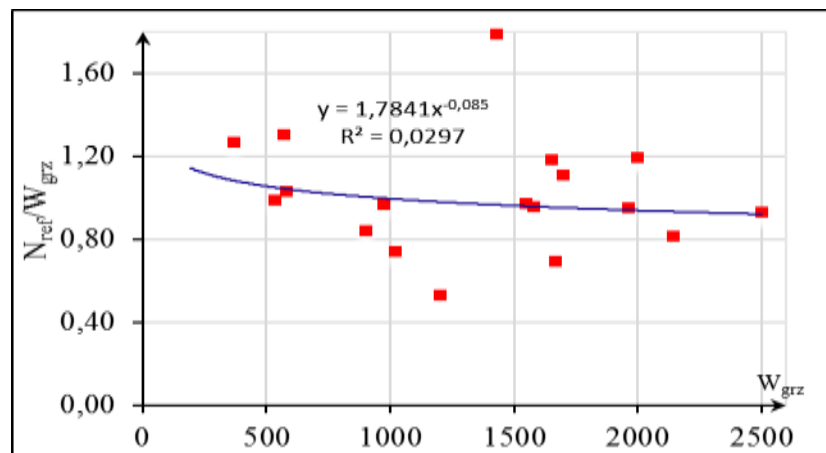


Рисунок 2.3.5- Зависимость относительной мощности рефрижераторной установки от объема рыбных танков

Значимый разброс этих данных по мощности рефустановки объясняется температурными условиями плавания и стремлением к запасу производительности по холоду при больших уловах, достигающих порой сотен тонн за траление или замет невода.

2.4. О характеристиках остойчивости современных рыболовных наливных судов

Особенности современных НРС в части используемого способа сохранения и транспортировки улова, а также их энерговооруженности и характеристик формы обводов, определяют их как отдельную характерную категорию эффективных рыболовных судов и необходимость выполнения соответствующих исследований и обобщений для задач их проектирования и пополнения рыболовного флота в целом [31]. Очевидно, что разработка методики для проектирования НРС предполагает всесторонний учет их особенностей. Для этих судов, характерных способом хранения и транспортировки рыбной продукции наливом, обеспечение приемлемых характеристик остойчивости стало одной из важнейшей задачей при их проектировании.

Эта задача рассматривается в данном разделе. В результате выполненных статистических исследований получены практически значимые аналитические выражения для критических аппликат центра тяжести наливных рыболовных судов по частным критериям их остойчивости и их совокупности. В ходе исследования влияния поперечных размеров наливных рыболовных судов на их остойчивость получены зависимости, необходимые уже на ранних стадиях проектирования для аргументированного выбора значений характеристик уравнений остойчивости.

Условие достаточной остойчивости судна

Условия, при которых судно признается достаточно остойчивым при данной осадке, установлены идентично несколькими критериями в разных нормах классификационных организаций. По действующим Правилам Российского Регистра морского судоходства (РМС) [64], и др. [81, 84] остойчивость

судна считается обеспеченной, если для всех случаев нагрузки судна, регламентируемых РМС, удовлетворяются частные критерии устойчивости, значения которых применительно к НРС представлены в таблице 2.4.1.

Таблица 2.4.1. Критерии устойчивости НРС

№	Наименование	Критериальные значения
1.	Начальная метацентрическая высота (МЦВ)	$\bar{h}_0 \geq 0,35 м$
2.	Угол максимума диаграммы статической устойчивости (ДСО)	$\bar{\theta}_{max} \geq 30^\circ$
3.	Максимальное плечо ДСО	$\bar{l}_{max} \geq 0,2 м$
4.	Угол заката ДСО	$\bar{\theta}_v \geq 60^\circ$
5.	Критерий погоды	$\bar{K} \geq 1$
6.	Плечо диаграммы динамической устойчивости (ДДО) при крене $\theta=30^\circ$	$\bar{l}_{d_{30}} \geq 0.055 м.рад$
7.	Плечо ДДО при крене $\theta=40^\circ$	$\bar{l}_{d_{40}} \geq 0.09 м.рад$
8.	Разность плеч ДДО при крене $\theta=30^\circ$ и $\theta=40^\circ$	$\bar{l}_{d_{30,40}} \geq 0.03 м.рад$

Известно также, что обобщение требований к устойчивости судна может быть представлено в виде неравенств:

$$z_g \leq z_{gkr} \text{ или } h = z_m - z_g \geq h_{kr} \quad (2.4.1)$$

или уравнений:

$$z_g = z_{gkp} - \Delta h \text{ или } h = h_{kp} + \Delta h, \quad (2.4.2)$$

где z_g , $z_m = z_c + r$ и h , м, – соответственно фактические значения аппликат центра тяжести судна (ЦТ), его метацентра, центра величины (ЦВ), а также метацентрического радиуса и метацентрической высоты (МЦВ) при соответствующем случае нагрузки судна, а $z_{gkr} = \text{Min}\{z_{gkri}\}$ и $h_{kr} = \text{Min}\{h_{kri}\}$ – совокупные критические значения ЦТ и МЦВ, при которых один из частных критериев устойчивости (таблица 2.4.1) выполняется без избытка и недостатка, а остальные выполняются с избытком. Величина Δh выступает в роли запаса устойчивости, т.е. параметра, значение которого принимается при проектировании судна. Заметим, что значения z_{gkr} и h_{kr} (равно как и значения z_m , z_c и r) не зависят от фактического положения ЦТ судна и могут точно быть

рассчитаны при наличии теоретического чертежа (ТЧ), поскольку определяются его геометрией. Соответственно обеспечивается возможность установить взаимосвязь значений указанных характеристик корпуса судна и его ТЧ (включая значения z_{gkr} и ее производных $\zeta_{kr} = z_{gkr}/H$, h_{kr} и $h_{Bkr} = h_{kr}/B$).

Отметим, что исследования по влиянию характеристик формы судов на их остойчивость осуществлялись неоднократно, однако, в силу исключительного разнообразия форм обводов у судов разных классов и назначений, полученные результаты не являются универсальными. Очевидно, что для нового поколения среднетоннажных НРС также требуется специальное рассмотрение. В основу данной работы примем результаты исследования Ю.Л. Макова и К.Ч. Мая [48], основанного на приближенные способы Власова-Благовещенского [9; 10; 59]. В соответствии с которыми математические модели для z_{gkri} по всем критериям остойчивости имеют вид множественной линейной регрессии с параметрами X_i (см. таблицу 2.4.2), зависящими от геометрических характеристик судна:

$$z_{gkri} = a_{0i} + a_{1i}X_1 + a_{2i}X_2 + a_{3i}X_3 + a_{4i}X_4, \quad (2.4.3)$$

где a_{0i} , a_{1i} , a_{2i} , a_{3i} , a_{4i} – свободные члены и коэффициенты регрессии z_{gkri} для означенных в таблице 2.4.1 критериев остойчивости.

Таблица 2.4.2. Параметры регрессии

$X_1 = \frac{\alpha T}{\alpha + \delta}$	$X_2 = \frac{\alpha^2 B^2}{12\delta T}$	$X_3 = \frac{\alpha^2 k_{sdl}^{* (2-\frac{\delta}{\alpha})} B}{(1+\alpha)(2\alpha-\delta)} (H/T)^{(\frac{2\alpha}{\delta}-1)}$	$X_4 = \frac{\alpha H}{\alpha + \delta} k_{sdl}^{* \delta/\alpha}$
--	---	--	--

Здесь B , H , T – ширина, высота борта и осадка судна, м; δ ; α – коэффициенты общей полноты, полноты КВЛ и k_{sdl}^* – условные коэффициенты седловатости [67].

Статистический анализ z_{gkr} для НРС и его результаты

Для определения указанных коэффициентов регрессии и последующего статистического анализа этих и других характеристик остойчивости были выполнены работы по реконструированию одиннадцати современных НРС (см. таблицу 2.4.3).

Таблица 2.4.3. Характеристики НРС для расчета устойчивости

№	Суда	D	L _p	B	H	T	B _n =B/H	H _t =H/T	δ	α	k _{sd} *
1	Sildaskjaer	626	23,6	8,5	5,98	4,40	1,421	1,359	0,692	0,858	1,230
2	Solvaerskjaer	966,3	28,7	9,3	6,20	4,90	1,492	1,265	0,725	0,893	1,312
3	Julianne III	1745	33,3	12,0	7,80	6,63	1,538	1,176	0,643	0,889	1,268
4	Silva Nova	1456	36,0	10,0	7,30	6,00	1,370	1,217	0,658	0,872	1,298
5	Norafjell	1510	38,4	10,0	7,00	5,80	1,429	1,207	0,661	0,881	1,290
6	Clipperton	2052	46,3	10,0	7,15	6,30	1,399	1,135	0,687	0,868	1,181
7	Veronica	3010	49,8	12,0	7,60	7,07	1,579	1,075	0,695	0,882	1,294
8	Paula	3001	51,6	12,0	8,00	7,00	1,500	1,143	0,675	0,878	1,317
9	Libas	2441	55,0	11,6	7,00	6,00	1,657	1,167	0,622	0,850	1,297
10	SvanaugElise	3308	56,4	13,0	8,60	6,90	1,512	1,246	0,638	0,825	1,284
11	Hargun	3582	60,0	12,6	8,40	6,90	1,500	1,217	0,670	0,867	1,361

В результате реконструирования на базе теоретического чертежа всех означенных судов с использованием программного модуля Hydromax (в составе пакета Maxsurf) получены расчетные значения гидростатических кривых и также Z_{gkri} для девяти осадок каждого судна (итого 99 вариантов расчетов, см. Приложение В). В ходе статистической обработки полученных данных для критериев устойчивости определены и в таблице 2.4.4 представлены значения коэффициентов регрессии уравнения (2.4.4). Исключением стал критерий погоды, поскольку выполненные контрольные расчеты показали, что для данного класса судов этот критерий не является определяющим. В таблице 2.4.4 представлены также значения показателей статистического анализа (коэффициентов детерминации R^2 , среднеквадратичных отклонений σ и коэффициентов вариации δ_v), которые свидетельствуют о практической значимости полученных регрессий.

Таблица 2.4.4. Коэффициенты регрессии уравнения (2.4.3)

Коэффициенты регрессии	Частные критерии устойчивости						
	h ₀	θ _{max}	l _{max}	θ _v	l _{d30}	l _{d40}	l _{d30,40}
a ₀	0,275	0,745	0,427	0,524	0,200	0,295	0,472
a ₁	0,928	-0,327	-0,063	0,040	0,293	0,117	-0,118
a ₂	0,985	0,843	0,758	0,609	1,262	1,250	1,234
a ₃	-	-0,125	-0,084	-0,049	-0,117	-0,137	-0,162
a ₄	-	1,046	0,861	0,798	0,505	0,643	0,826
R ²	0,963	0,974	0,980	0,963	0,973	0,975	0,976
σ	0,134	0,103	0,092	0,126	0,112	0,105	0,100
δ _v %	2,35	3,2	2,57	3,3	2,22	2,24	2,52

Таким образом, критическая аппликата ЦТ для НРС может быть представлена выражением:

$$z_{gkr} = \text{Min}\{z_{gkri}\}, \quad (2.4.4)$$

где: $z_{gkr}(h_0) = 0,275 + 0,928X_1 + 0,985X_2;$

$$z_{gkr}(\theta_{\max}) = 0,745 - 0,327X_1 + 0,843X_2 - 0,125X_3 + 1,046X_4;$$

$$z_{gkr}(l_{\max}) = 0,427 - 0,063X_1 + 0,758X_2 - 0,084X_3 + 0,861X_4;$$

$$z_{gkr}(\theta_v) = 0,524 + 0,040X_1 + 0,609X_2 - 0,049X_3 + 0,798X_4;$$

$$z_{gkr}(l_{d30}) = 0,200 + 0,293X_1 + 1,262X_2 - 0,117X_3 + 0,505X_4;$$

$$z_{gkr}(l_{d40}) = 0,295 + 0,117X_1 + 1,250X_2 - 0,137X_3 + 0,643X_4;$$

$$z_{gkr}(l_{d(30,40)}) = 0,472 - 0,118X_1 + 1,234X_2 - 0,162X_3 + 0,826X_4.$$

Получены модели для критических возвышений ЦТ НРС при использовании пакета анализа в программе MS Excel [72]. Пример регрессионного анализа с дисперсионными характеристиками для критерия l_{d30} представлен на рисунке 2.4.1.

Регрессионная статистика								
Множественный R	0,98689							
R-квадрат	0,97395							
Нормированный R-квадрат	0,9728							
Стандартная ошибка	0,1122							
Наблюдения	99							
Дисперсионный анализ								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия	4	44,225129	11,0563	878,52	1,6404E-73			
Остаток	94	1,1829956	0,01259					
Итого	98	45,408124						
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	0,200	0,094	2,135	0,035	0,014	0,386	0,014	0,386
Переменная X 1	0,293	0,080	3,671	0,000	0,134	0,451	0,134	0,451
Переменная X 2	1,262	0,076	16,701	0,000	1,112	1,412	1,112	1,412
Переменная X 3	-0,117	0,017	-6,929	0,000	-0,151	-0,084	-0,151	-0,084
Переменная X 4	0,505	0,069	7,373	0,000	0,369	0,641	0,369	0,641

Рисунок 2.4.1. Регрессионный анализ для критерия l_{d30}

Статистические показатели R^2 и σ показали, что эти модели имеют высокую корреляционную связь. Вместе с тем, для проверки значимости коэффициентов и модели множественной регрессии в целом необходимо использовать статистические критерия (Фишера, Стьюдента) [18]. По результату видно, что фактическое значение статических критериев больше, чем табличное значение: по Фишеру $F_{\text{факт.}}=878,52 \gg F_{\text{табл.}}(4,94)=2,47$ и по Стьуденту $t_{\text{-статистика}} > t_{\text{табл.}}(0.05,94)=1,99$. Это свидетельствует, что данная модель множественной регрессии является значимой.

В качестве дополнительной проверки значимости полученных регрессионных зависимостей проведена и в таблице 2.4.5 представлена сопоставительная оценка расчетных (фактических) и статистических значений Z_{gkr} для всех 11 НРС при их расчетном водоизмещении. Расчеты показали их приемлемую разницу, не превышающую 2,3%.

Таблица 2.4.5. Расчетные и статистические значения Z_{gkr} для НРС полного водоизмещения

№	Суда	Расчетные значения Z_{gkri} по Maxsurf							Статистические значения Z_{gkri}^* по (4)							Z_{gkri}	Z_{gkri}^*	$\Delta Z_{gkr}, \%$
		I_{d30}	I_{d40}	$I_{d(30,40)}$	I_{max}	θ_{max}	h_0	θ_v	I_{d30}	I_{d40}	$I_{d(30,40)}$	I_{max}	θ_{max}	h_0	θ_v			
1	Sildaskjaer	3,925	4,024	4,207	4,701	4,977	3,876	4,398	3,949	4,007	4,135	4,186	4,435	3,967	4,303	3,876	3,949	-1,89
2	Solvaerskjaer	4,409	4,477	4,619	4,701	4,977	4,393	4,850	4,328	4,376	4,489	4,539	4,773	4,359	4,658	4,393	4,328	1,47
3	Julianne III	5,985	5,941	5,933	5,887	5,923	6,104	6,057	5,915	5,889	5,906	5,825	5,981	6,034	5,927	5,887	5,825	1,06
4	Silva Nova	4,928	4,943	5,015	5,151	5,342	4,950	5,286	4,949	4,981	5,072	5,187	5,380	5,029	5,327	4,928	4,949	-0,44
5	Norafjell	4,911	4,925	4,993	5,080	5,329	4,937	5,279	4,918	4,938	5,016	5,070	5,262	5,008	5,199	4,911	4,918	-0,15
6	Clipperton	4,697	4,658	4,656	4,624	4,719	4,898	4,845	4,692	4,666	4,681	4,744	4,864	4,965	4,899	4,624	4,666	-0,91
7	Veronica	5,612	5,562	5,546	5,503	5,597	5,853	5,673	5,556	5,510	5,499	5,503	5,609	5,813	5,644	5,503	5,499	0,07
8	Paula	5,759	5,760	5,810	5,811	6,037	5,890	6,010	5,723	5,713	5,749	5,805	5,952	5,871	5,943	5,759	5,713	0,80
9	Libas	5,480	5,452	5,463	5,447	5,461	5,517	5,364	5,529	5,512	5,539	5,419	5,596	5,626	5,508	5,364	5,419	-1,02
10	SvanaugElise	6,118	6,128	6,192	6,178	6,393	6,119	6,342	5,979	5,992	6,061	6,119	6,303	6,029	6,245	6,118	5,979	2,28
11	Hargun	6,066	6,123	6,249	6,252	6,552	6,045	6,425	5,978	6,004	6,089	6,187	6,380	6,004	6,319	6,045	5,978	1,10

Представление о роли частных критериев остойчивости Z_{gkri} в формиро-

вании совокупного критерия z_{gkr} дают графики, рассчитанные для НРС Clipperton ($D=2052$ т) и приведенные на рисунке 2.4.2. Они, в частности, свидетельствуют о том, что при водоизмещении судна $1000 < D < 1700$ т определяющим критерием является h , при $1700 < D < 1850$ т – l_{d30} , а при $D > 1850$ т – l_{max} .

В данном исследовании получены также статистические значения поправочных коэффициентов уравнения остойчивости по Л. Эйлеру, из которых менее стабильным оказывается коэффициент k_r :

$$k_c = 1,0462 \pm 0,0291 (\delta_v = 0,027) \text{ и } k_r = 1,1028 \pm 0,0551 (\delta_v = 0,049) \quad (2.4.5)$$

В результате взаимосвязь между z_{gkr} и h_{kr} для НРС может быть представлена в виде:

$$h_{kr} = z_c + r - z_{gkr} = \frac{1,0462T\alpha}{\alpha + \delta} + \frac{\alpha^2 B^2}{10,881\delta T} - \zeta_{kr} H \quad (2.4.6)$$

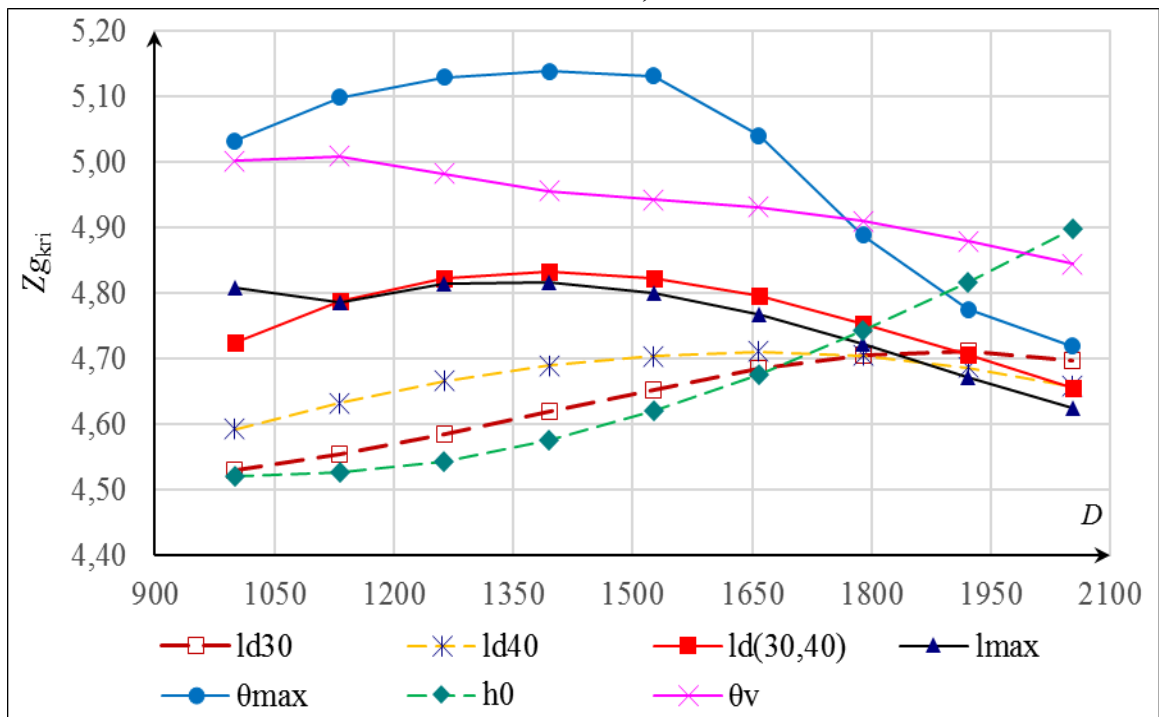


Рисунок 2.4.2. Критическое значение z_{gkri} НРС Clipperton

О влиянии поперечных размеров НРС на их остойчивость

Получение практически значимых зависимостей (2.4.4) и (2.4.6) позволяет исследовать влияние соотношений поперечных размеров НРС на величину z_{gkr} , а также других показателей остойчивости судна: $\zeta_{kr} = z_{gkr}/H$, h_{kr} и $h_{Bkr} = h_{kr}/B$. Соответствующий анализ выполнен на базе данных одного из НРС

- Julianne III (таблица 2.4.3).

Подстановка выражений (2.4.4) в (2.4.6) позволила получить зависимости показателей остойчивости от характеристик формы корпуса этого судна, представленных в таблице 2.4.3. Далее размеры судна при его неизменном водоизмещении и длине были аффинно преобразованы в рамках диапазонов $1,39 \leq B_h \leq 1,66$ и $1,06 \leq H_t \leq 1,36$, характерных для всей группы рассмотренных судов. Для этих вариаций поперечных размеров судна по формулам (2.4.4) рассчитаны Z_{gkr} и другие показатели остойчивости, которые представлены на графиках (рисунки 2.4.3-2.4.6) в зависимости от соотношений B_h и H_t .

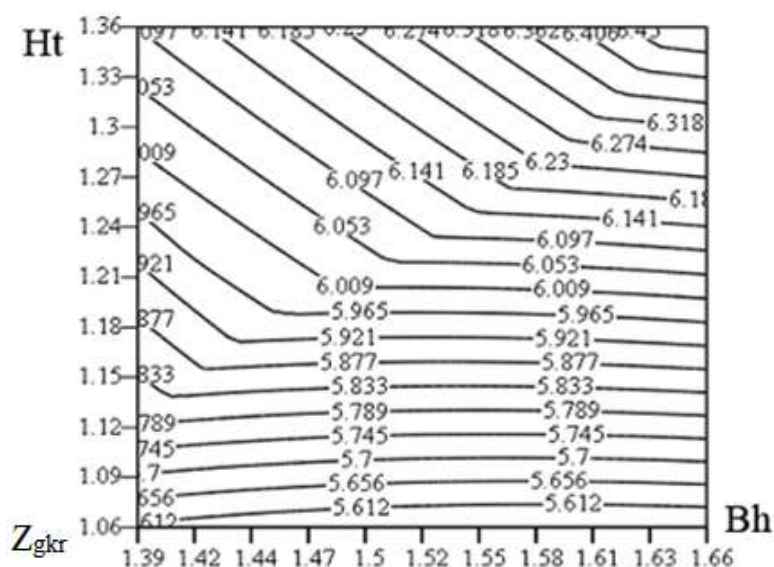


Рисунок 2.4.3- $z_{gkr}=f(B_h, H_t)$ при $\delta=0,643$ и $\alpha=0,889$

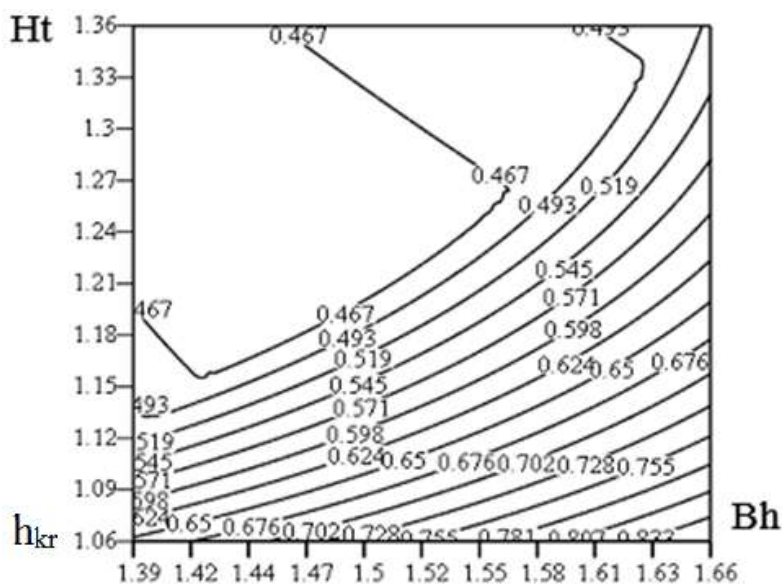


Рисунок 2.4.4- $h_{kr}=f(B_h, H_t)$ при $\delta=0,643$ и $\alpha=0,889$

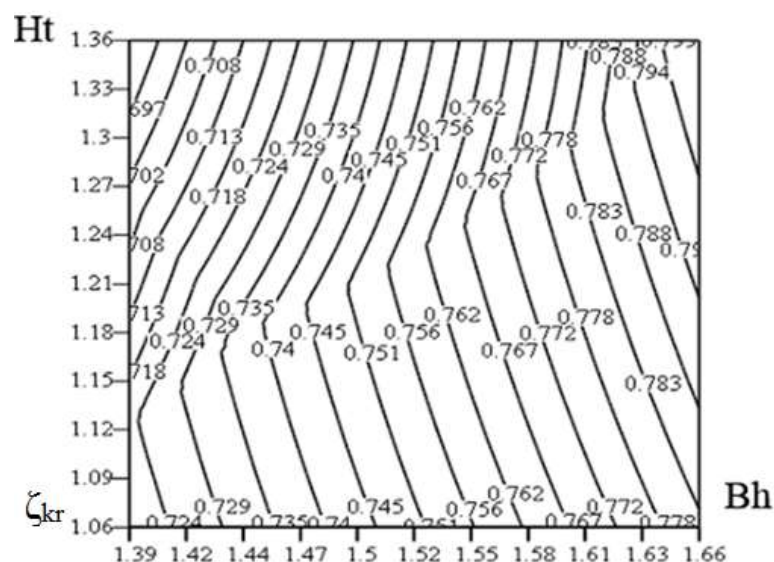


Рисунок 2.4.5- $\zeta_{kr}=f(B_h, H_t)$ при $\delta=0,643$ и $\alpha=0,889$

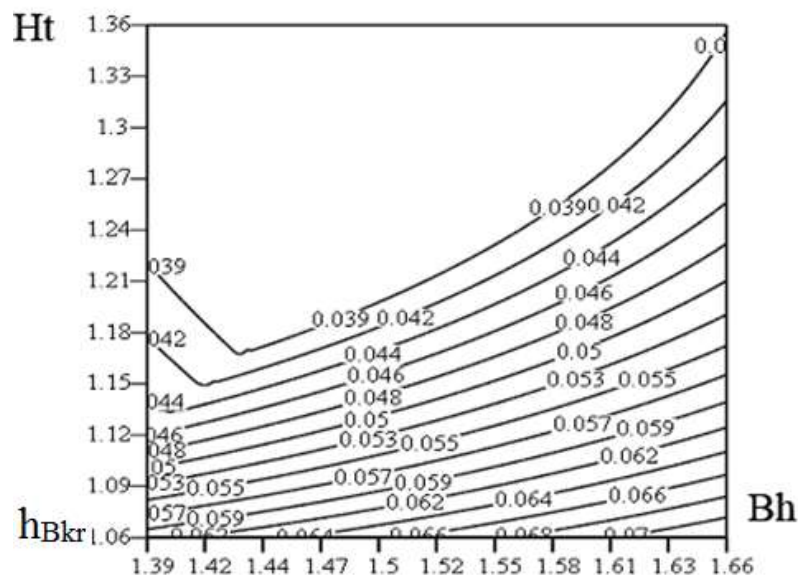


Рисунок 2.4.6- $h_{Bkr}=f(B_h, H_t)$ при $\delta=0,643$ и $\alpha=0,889$

Графики на рисунке 2.4.3 показывают, что на всем диапазоне соотношений B_h для НРС с малым надводным бортом ($H_t < 1,15$) значения абсолютной величины Z_{gkr} определяются фактически только значениями соотношения H_t , а значимость соотношения B_h возрастает при более высоких значениях H_t . По графикам на рисунке 2.4.5 значения относительной аппликаты ЦТ судна в расчетном случае нагрузки изменяются в достаточно узких пределах ($\zeta_{kr}=0,7\dots0,8$), что обусловлено низкими значениями

коэффициента погрузочной кубатуры груза (рыба в воде, $w_{p_{gm}} \sim 1 \text{ м}^3/\text{т}$), характерными для НРС. При этом значения ζ_{kr} может быть оценено аналитически по формуле:

$$\zeta_{kr} = 0,504B_h - 0,035H_t \pm 0,021, \text{ при } \delta_v = 3\% \quad (2.4.7)$$

Для оценки влияния поперечных размеров судна на остойчивость НРС наиболее информативными представляются идентичные по своему виду графики h_{kr} и h_{Bkr} (рисунки 2.4.4 и 2.4.6). В аналитическом виде они представляются выражениями:

$$h_{kr} = 0,318B_h - 0,069H_t \pm 0,057, \text{ при } \delta_v = 15,3\% \quad (2.4.8)$$

и

$$h_{Bkr} = 0,025B_h + 0,002H_t \pm 0,0071, \text{ при } \delta_v = 20,8\% \quad (2.4.9)$$

Отметим, что характер полученных графиков и аналитических зависимостей не изменился и при выполнении расчетов с вариацией коэффициентов полноты судна, что связано с достаточно узким диапазоном их значений, используемых для НРС (см. таблицу 2.4.3).

Далее для расчетных случаев нагрузки НРС было выполнено сопоставление значений h_{kr} и h_{Bkr} , полученных расчетным путем (по Maxsurf) и с использованием аналитических зависимостей (2.4.8) и (2.4.9). В целом результаты анализа показали удовлетворительную сходимость результатов расчетов и характерную стабильность значений h_{kr} и h_{Bkr} , полученных и расчетным путем (по Maxsurf):

$$h_{kr} = 0,373 \pm 0,058 (\delta_v = 15,7\%) \quad \text{и} \quad h_{Bkr} = 0,034 \pm 0,006 (\delta_v = 18,2\%),$$

и по статистическим формулам (2.4.8) и (2.4.9):

$$h_{kr} = 0,372 \pm 0,03 (\delta_v = 8\%) \quad \text{и} \quad h_{Bkr} = 0,034 \pm 0,002 (\delta_v = 5,8\%).$$

Результаты выполненного исследования ориентированы на ранние стадии проектирования, посвященные разработке концепции проекта современного среднетоннажного НРС и осуществления технико-экономического анализа и оптимизации характеристик технического задания на его проектирование. Использование полученных формул (2.4.8) или (2.4.9) позволяет в математической модели НРС осуществлять аргументированный выбор значения

МЦВ h или ее относительной величины h_B , обеспечивающих в первом приближении остойчивость проектируемого судна. Последующее уточнение характеристик остойчивости может осуществляться в ходе практического проектирования судна с использованием разработанных статистических формул (2.4.4). Итоговая проверка соответствия остойчивости НРС требованиям классификационных правил осуществляется с использованием действующих редакторов Maxsurf, Dialog-Statika и др., а также по результатам кренования судна [29].

Результат данного исследования наряду с материалом, представленным по характеристикам формы НРС, позволяют установить рекомендуемый вид его уравнения для задач проектирования.

Виды уравнения остойчивости и их использования для НРС

Как известно, в современной практике проектирования судов используют три основных вида уравнений начальной остойчивости:

1. классический (по Л. Эйлеру):

$$h = q_1 T + q_2 B^2 / T - \zeta H, \quad (2.4.10)$$

где h – начальная МВ, ζ - относительное возвышение ЦТ судна ($\zeta = z_g / H$); q_1 и q_2 – коэффициенты уравнения остойчивости ($q_1 = \alpha / (\alpha + \delta)$ и $q_2 = \alpha^2 / (12\delta)$). По числу используемых размерений судна, уравнение образует четырехмерное пространство, что осложняет проектные расчеты;

2. в виде относительной МВ:

$$h_B = h / B = q_1 / B_t + q_2 B_t - \zeta H_t / B_t \quad (2.4.11)$$

По своему характеру это уравнение параметрическое. Статистические значения параметра h_B используются при проектировании крупных транспортных судов;

3. в виде модификации уравнения Л. Эйлера (по Н.Б. Севастьянову), когда $z_c = r$ и производная $dz_m / dT = q_1 - q_2 B_t^2 = 0$ (т.е. h и z_m не являются функциями от T и z_m принимает минимальное значение). Благодаря исключению осадки судна пространство сокращается до трехмерного, что соответственно упрощает проектные расчеты. При этом отношение B_t принимает минимальное

(критическое) значение $B_{tkr}=(q_1/q_2)^{0,5}$. Соответственно, уравнение начальной остойчивости принимает вид:

$$h=B(q_1/B_{tkr}+q_2B_{tkr})-\zeta H=2B(q_1q_2)^{0,5}-\zeta H=q_3B-\zeta H=B(q_3-\zeta H_t/B_t), \quad (2.4.12)$$

где $q_3 = 2\sqrt{q_1q_2}$ и $z_m=q_3B$.

Данное уравнение остается практически значимым при условии $B_t=B_{tkr}\pm 0,5$, и ему удовлетворяет значительная часть отечественных рыболовных судов. Отметим также, что целый ряд характеристик остойчивости определяется формой корпуса и не зависит от нагрузки судна и аппликаты его ЦТ z_g . К таковым относятся соотношения коэффициенты уравнений остойчивости q_1, q_2, q_3 и характеристики B_{tkr}, h_{kr} и z_{gkr} . Сравнение фактических значений B_t с B_{tkr} позволит осуществить рациональный выбор уравнения остойчивости для соответствующих типов РС.

Для судов фактические значения B_t соответствуют условию $B_t=B_{tkr}\pm 0,5$, которые позволяют в составе системы уравнений проектирования использовать уравнение остойчивости в третьей форме (по Н.Б. Севастьянову).

Для НРС значения $\delta=0,62\dots 0,72$ и $\alpha=0,83\dots 0,89$, что определяет значения B_{tkr} в пределах $2,3\dots 2,5$. Фактические значения B_t у этих судов ($\bar{y}=1,82$), характерных относительно большой осадкой, значительно меньше критических. Следовательно, для среднетоннажных НРС расчет размерений предлагает использовать второй вид уравнения остойчивости, и алгоритм расчета представляется в последовательности:

- определение длины судна $L_p=l/V^{1/3}$ и произведений $BT=V/L_p\delta$ (из уравнения плавучести) и $(BH)=M_h/L_p$. Здесь M_h – кубический модуль $M_h = W_k/\delta_k$, где W_k – объем основного корпуса и δ_k – коэффициент полноты до верхней палубы;
- преобразование уравнения остойчивости (2.4.11) в форму $q_2B_t^2 - h_B B_t + (q_1 - \zeta H_t) = 0$;
- решив квадратное уравнение, получим $B_t = z_2 - \sqrt{z_2^2 - z_3}$, где $z_2 = 0,5h_B/q_2$ и $z_3 = (q_1 - \zeta H_t)/q_2$,

- Определим $V=\sqrt{BT \cdot B_t}$; $T=(BT)/V$ и $H=H_t \cdot T$

2.5. Анализ влияния характеристик наливных рыболовных судов на их эффективность

Для поиска лучших проектных решений посредством целенаправленного технико-экономического анализа характеристик судна, методология оптимизационного проектирования НРС предполагает аргументированный расчетный отбор (из числа действующих судов или их проектов) тех судов, которые в заданных технико-экономических условиях их эксплуатации наиболее эффективны [26].

В данном разделе приводятся расчетные оценки эффективности эксплуатации ряда НРС (с выделением наиболее эффективных судов для заданных ТЭУ) и последующий анализ влияния основных характеристик НРС на их эффективность. В качестве аргументов анализа рассматривались абсолютные значения основных элементов судна (D и N_{gd}) и его относительная характеристика $\eta_{gd}=N_{gd}/D$ (коэффициент энерговооруженности НРС).

2.5.1. Особенности расчетов эффективности среднетоннажных рыболовных наливных судов

Расчеты эффективности проведены для 11 среднетоннажных НРС при автономной форме организации их промысла (см. Приложение Г). Отметим, что для всего рассмотренного диапазона водоизмещений НРС характерен значительный разброс данных НРС по их энерговооруженности $\eta_{gd}=N_{gd}/D$ с общей тенденцией ее уменьшения при росте водоизмещения. Соответственно значительный разброс имеют и значения коэффициента утилизации водоизмещения НРС по их грузоподъемности $\eta_{gr}=P_{grz}/D$ (рисунок 2.5.1) с традиционным трендом роста его значений при росте D . Отметим также прогресс, достигнутый в области судовой энергетики и отражаемый для современных НРС в части значимого уменьшения относительных объемов, занимаемых их машинным отделением. При этом сохраняется тенденция

уменьшения значений η_{gr} с ростом значений η_{gd} (рисунок 2.5.2).

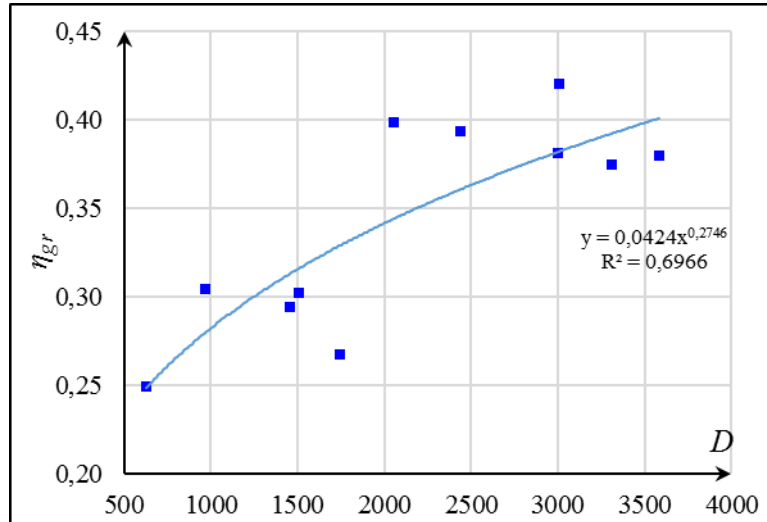


Рисунок 2.5.1– Значения $\eta_{gr}=f(D)$

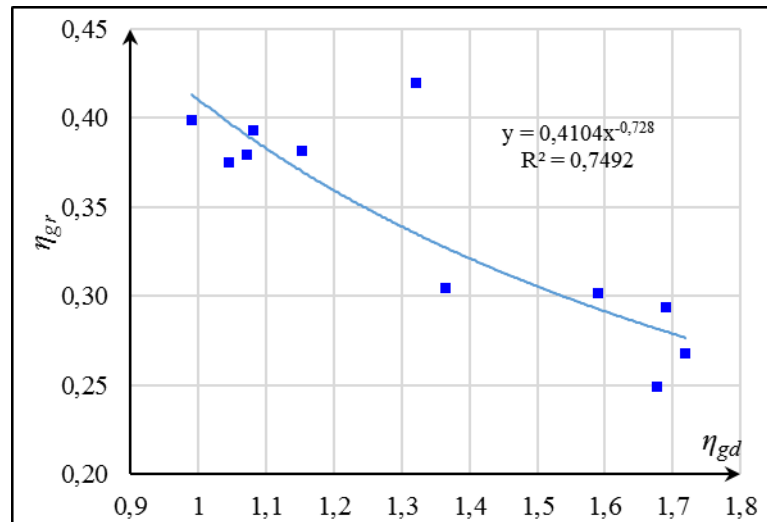


Рисунок 2.5.2– Значения $\eta_{gr}=f(\eta_{gd})$

Расчеты эффективности выполнялись с использованием модели эксплуатации рыболовного судна (МЭРС), модифицированной для НРС. С учетом опыта эксплуатации наливных судов и естественного стремления доставлять в порт кондиционный улов, удаленность района промысла от порта базирования принята близкой к среднесуточному переходу ($R=250$ миль). Расчетное время хранения рыбы (от поступления первого улова до разгрузки судна в порту) принято $T_{xz}=5$ сут. Оценка значений среднесуточного вылова определялась выражением $P_{ul1}=K_{prs} \cdot K_{sb} \cdot N_{gd} \cdot T$. При этом коэффициент промысловой системы K_{prs} для всех рассмотренных (современных) НРС

принят равным 1, а значение коэффициента сырьевой базы района промысла варьировалось в диапазоне $K_{sb}=0,02...0,14$ с шагом 0,02.

В качестве показателя эффективности принята эффективность капиталовложений $F_{kap}=(Q_{gr}-C_{sr})/S_{kr}$, где Q_{gr} и C_{sr} – значения производительности и эксплуатационных затрат судна за промысловый рейс в их денежном исчислении, S_{kr} – его стоимость, отнесенная ко времени рейса. Определенный интерес для анализа представляют также значения Q_{gr} , C_{sr} и S_{kr} , приходящиеся на 1 тонну водоизмещения судна: $\eta_{Qgr}=Q_{gr}/D$, $\eta_{Csr}=C_{sr}/D$ и $\eta_{Skr}=S_{kr}/D$.

2.5.2. Анализ влияния основных элементов наливных рыболовных судов на их эффективность

Примеры расчетных оценок эффективности эксплуатации рассмотренных судов в заданных ТЭУ при значениях $K_{sb}=0,04$ и $0,08$ представлены на рисунке 2.5.3. Приведенные данные отражают следующее:

1. очевидное большое влияние продуктивности сырьевой базы района промысла (значений K_{sb}) на величину показателя эффективности НРС F_{kap} ,
2. наличие оптимальных значений водоизмещения судна D^* для соответствующих значений K_{sb} : $F_{kap} \rightarrow \max = f(K_{sb})$,
3. тенденцию роста оптимальных значений D^* с ростом значений K_{sb} (в данном примере $D^* \sim 1500$ т при $K_{sb}=0,04$ и $D^* \sim 2000$ т при $K_{sb}=0,08$).

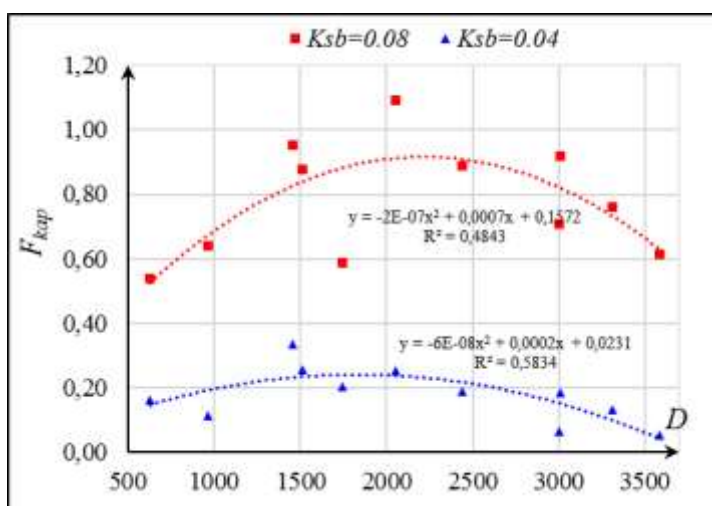


Рисунок 2.5.3– $F_{kap}=f(D)$ при $K_{sb}=0,04$ и $0,08$

Из рассмотренных судов на относительно бедной сырьевой базе ($K_{sb}=0,04$) наиболее эффективным ($F_{kap}=33\%$) оказывается НРС *Silva Nova*

($D=1456$ т), а при более высоком ее показателе ($K_{sb}=0,08$) - НРС «Clipperton» ($D=2052$ т, $F_{kap}=109\%$). При этом отметим, что выделенные суда характерны значимой разницей в значениях коэффициентов их энерговооруженности ($\eta_{gd}=1,69$ и $0,99$) и, соответственно, утилизации по грузоподъемности ($\eta_{gr}=0,29$ и $0,40$).

При анализе определенным интересом представляют также значения Q_{gr} , C_{sr} и S_{kr} , приходящиеся на 1 тонну водоизмещения судна: $\eta_{Qgr}=Q_{gr}/D$, $\eta_{Csr}=C_{sr}/D$ и $\eta_{Skr}=S_{kr}/D$. Пример регрессий, полученных для $K_{sb}=0.08$, представлен на рисунке 2.5.4. Они показывают, что рост водоизмещения судна приводит к снижению значений его относительной стоимости η_{Skr} и относительных эксплуатационных затрат η_{Csr} . При этом у значений относительной производительности судна $\eta_{Qgr}=f(D)$ (равно как и у основного критерия эффективности $F_{kap}=f(D)$) прослеживается свой максимум.

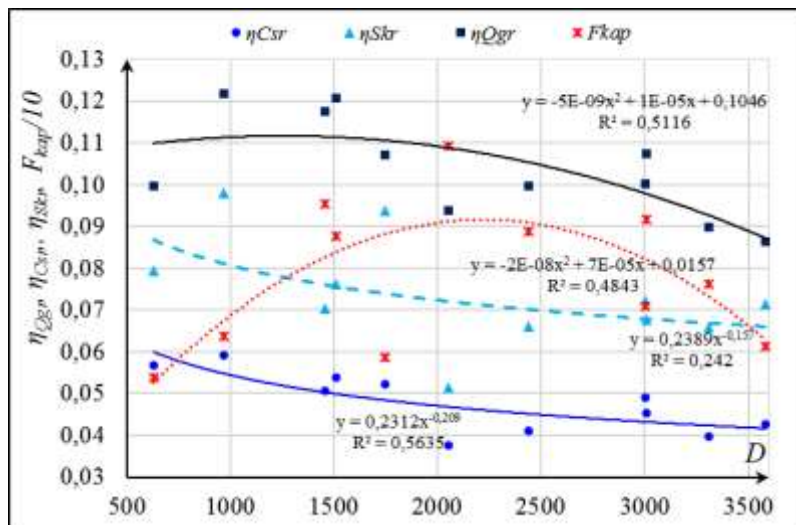


Рисунок 2.5.4– Зависимости η_{Qgr} , η_{Csr} , η_{Skr} , $F_{kap}=f(D)$ при $K_{sb}=0,08$

Характер влияния абсолютных характеристик D и N_{gd} на эффективность НРС ($F_{kap}=f(D)$ и $F_{kap}=f(N_{gd})$) при вариациях K_{sb} отражается параболическими регрессиями (рисунки 2.5.5-2.5.6), а относительной характеристики (энерговооруженности η_{gd} , т.е. $F_{kap}=f(\eta_{gd})$) - линейными регрессиями (рисунок 2.5.7).

Для интерпретации полученных результатов полезны также графики, построенные с использованием регрессионных трендов рисунок 2.5.5-2.5.7 при вариациях значений аргументов. Наиболее содержательными из них

оказываются графики $F_{kap}=f(K_{sb})$ при вариации энерговооруженности $\eta_{gd}=var$, приведенные на рисунке 2.5.8.

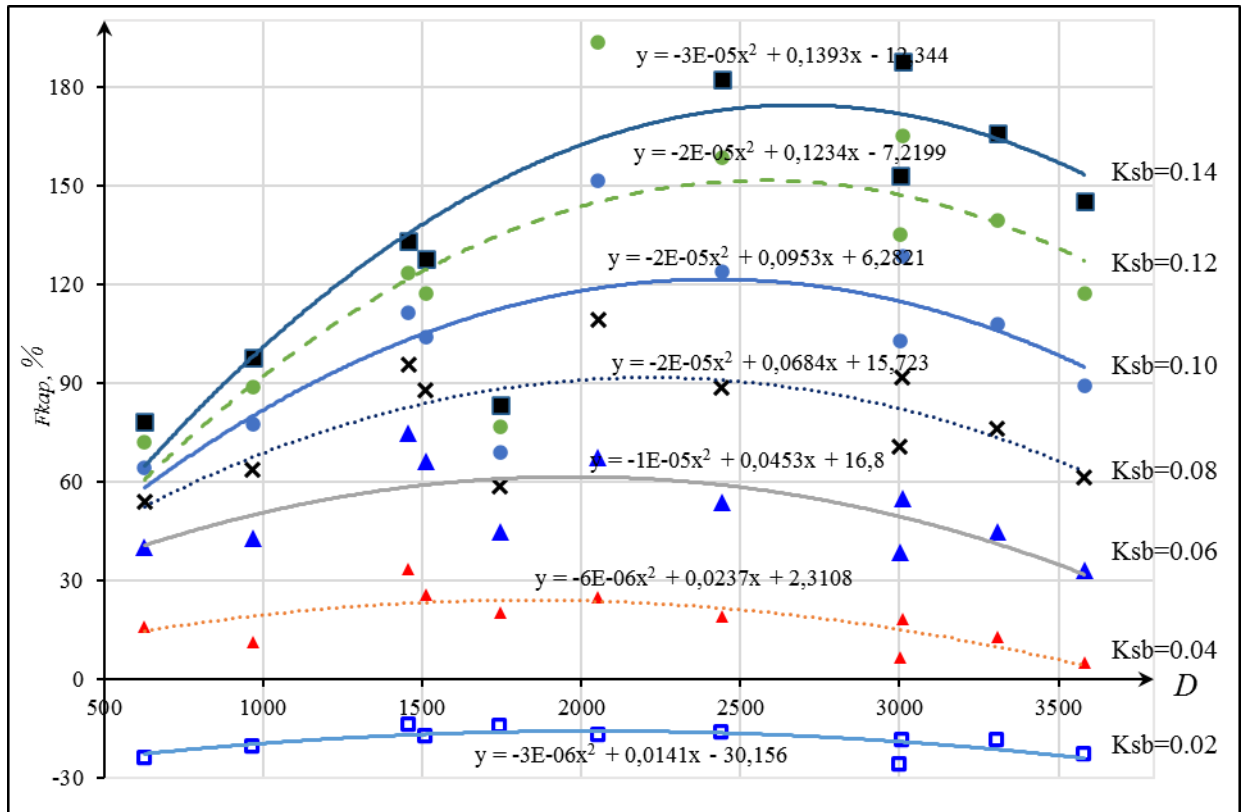


Рисунок 2.5.5– $F_{kap}=f(D)$ при $K_{sb}=var$

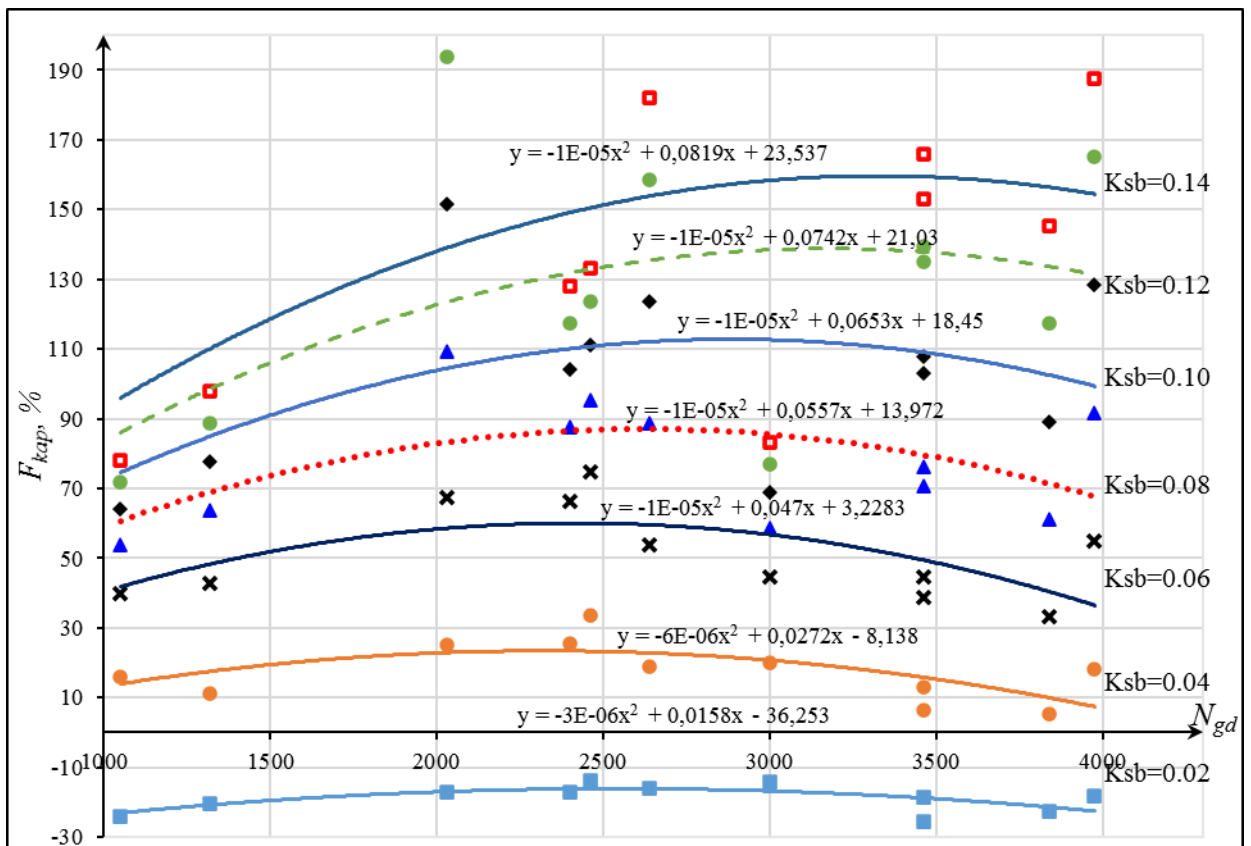


Рисунок 2.5.6– $F_{kap}=f(N_{gd})$ при $K_{sb}=var$

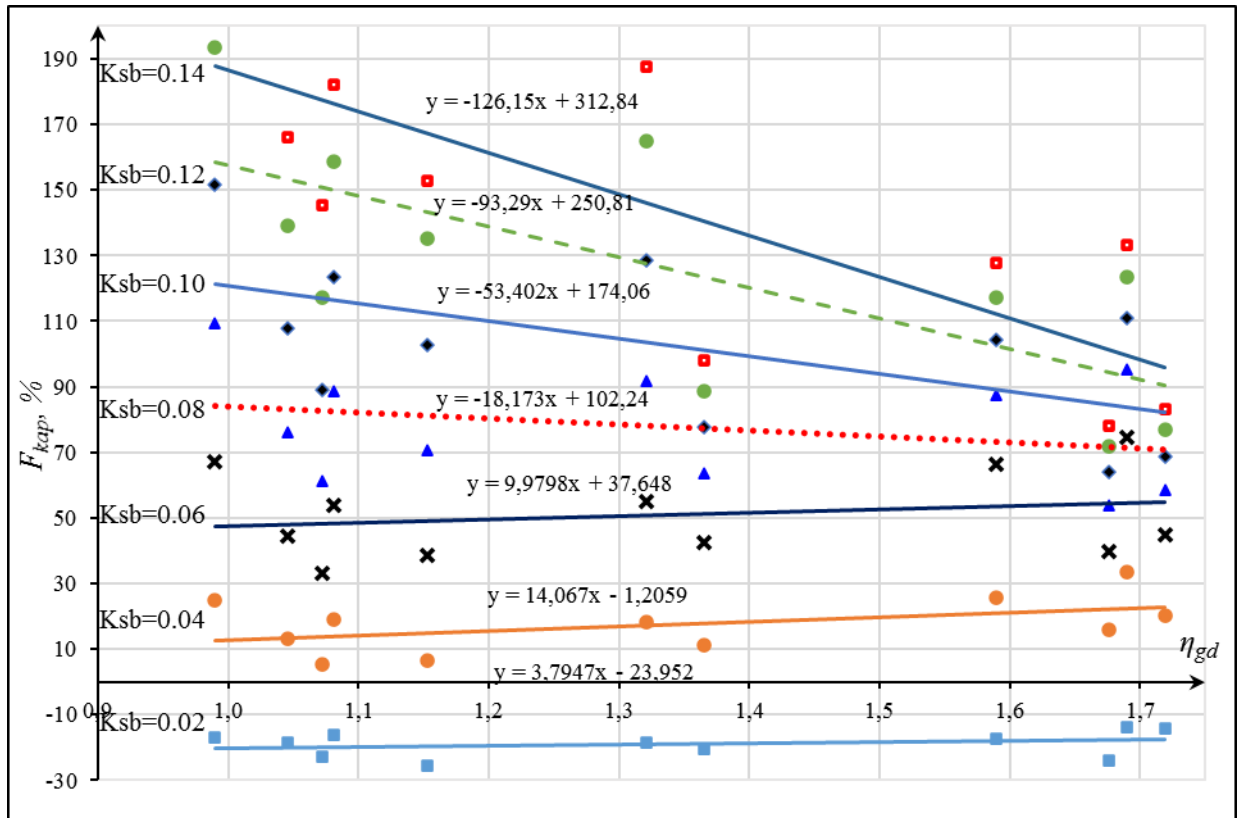


Рисунок 2.5.7– $F_{kap}=f(\eta_{gd})$ при $K_{sb}=var$

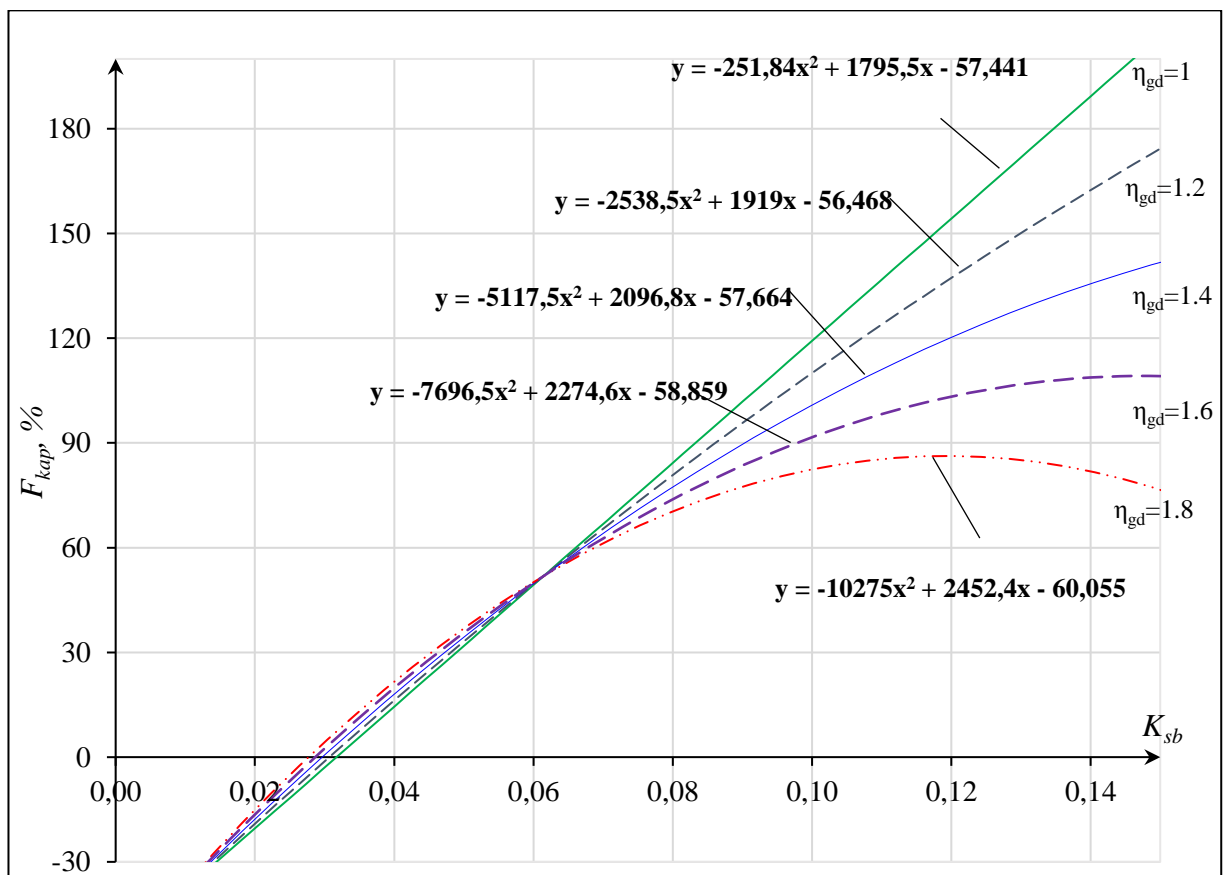


Рисунок 2.5.8– $F_{kap}=f(K_{sb})$ при $\eta_{gd}=var$

Представленные графики позволяют дополнить и уточнить ранее представленные выводы анализа, поскольку свидетельствуют о следующем:

1. Графики на рисунках 2.5.5-2.5.6 показывают экономическую целесообразность увеличения D и N_{gd} до их определенных значений, соответствующих максимумам F_{kap} , разных для разных значений K_{sb} . Дальнейший рост D и N_{gd} приводит к снижению показателя эффективности, что обусловлено избыточными значениями этих характеристик. При этом:

1.1. Избыточное значение D (а, следовательно, и его грузоподъемности) при малых значениях N_{gd} и K_{sb} (т.е. при низких значениях промышленной производительности НРС) предопределяет неполную загрузку рыбных танков судна, что вызвано принятым ограниченным сроком хранения охлажденной рыбы. Значения коэффициента загрузки судна $K_{zagr}=f(K_{sb})$ ($K_{zagr} \leq 1$) отслежены в ходе выполнения эксплуатационных расчетов для НРС разного водоизмещения ($D=var$) и аппроксимированы регрессиями, представленными на рисунке 2.5.9.

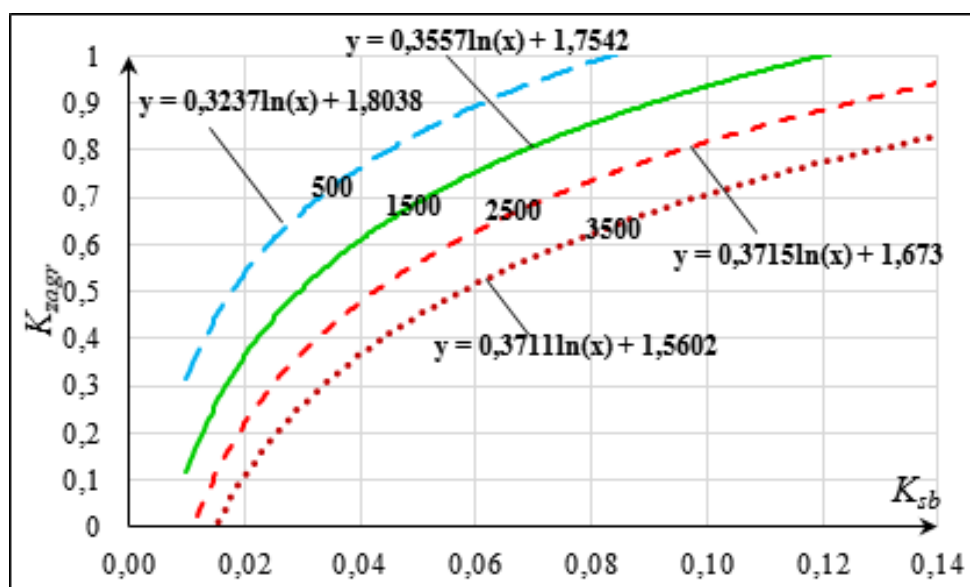


Рисунок 2.5.9 – $K_{zagr}=f(K_{sb})$ при $D=var$

1.2. Избыточное значение N_{gd} (особенно при высоких значениях K_{sb} и малых значениях D) обуславливает высокую промышленную производительность НРС и, как следствие, досрочное (задолго до истечения принятого срока хра-

нения улова) заполнение рыбных танков судна ($K_{zagr}=1$). Это приводит к сокращению доли рейса, приходящейся на лов, что, как известно, негативно сказывается на эффективности судна.

2. О влиянии сырьевой базы (K_{sb}) и энерговооруженности НРС (η_{gd}) на его эффективность:

2.1. Регрессии (рисунок 2.5.7) подтверждают для НРС уже известный вывод, что повышение эффективности рыболовных траулеров в условиях ухудшения продуктивности сырьевой базы предполагает повышение их энерговооруженности. По результатам выполненных трендовых оценок при $K_{sb}=0,04$, изменение значения в диапазоне $\eta_{gd}=1,0\dots1,8$ приводит к значимому изменению критерия эффективности на $\Delta F_{kap}=10\dots15\%$.

2.2. При богатой сырьевой базе наивысшая эффективность судна достигается при более низких значениях коэффициента η_{gd} , определяемых по результатам оптимизационных исследований. Увеличение этих значений приводит к неоправданному росту эксплуатационных затрат и, соответственно, к снижению эффективности НРС (см. рисунок 2.5.7 и п. 1.2).

2.3. Существует некоторая область значений K_{sb} , при которой отклонение энерговооруженности судна от ее оптимальных значений практически не влияет на его эффективность. В данном анализе (при заданном комплексе ТЭУ эксплуатации НРС) эта область соответствует значениям $K_{sb}\sim 0,06$.

2.4. Существует некоторое пороговое значение K_{sb} , ниже которого промысел на НРС становится убыточным. В данном анализе (при заданном диапазоне характеристик НРС и комплексе ТЭУ их эксплуатации) это соответствует значениям $K_{sb}\sim 0,03$. Это, в частности, означает, что для НРС в рассмотренном диапазоне водоизмещений ($D=600\dots3600$ т) не следует ожидать положительной эффективности промысла, если среднесуточные выловы будут менее 30т при $N_{gd}=1000$ кВт или 60т при $N_{gd}=2000$ кВт.

Выполненные расчеты позволяют выявить основную причину означенных изменений показателей эффективности. Эта связана с характеристикой

энерговооруженности судна. Ее рост при заданном водоизмещении судна приводит к повышению его стоимости, объемов и массы судовой энергетической установки и ее судовых запасов. Это сказывается, в частности, на грузоподъемности судна, снижение которой снижает производительность НРС и значения $F_{кар}$. К наиболее общим выводам проведенного анализа отнесем следующее:

С учетом значимого влияния коэффициента K_{sb} на основные характеристики НРС (D и N_{gd}) и его эффективность, для решения задач пополнения флота НРС для заданного района промысла показана безусловная необходимость:

.1. практического знания и/или соответствующих исследований продуктивности района промысла с оценкой величины ожидаемого вылова, приходящегося на единицу промыслового усилия (тяги судна и/или мощности его главного двигателя), а также допустимых сроков хранения улова, рациональных мест базирования судов и пр.,

.2. расчетной экономической экспертизы действующих НРС или их проектов для уточненных ТЭУ их эксплуатации с выделением из них наиболее эффективных судов. Тех судов, которые в последующем целесообразно использовать в качестве претендентов для пополнения рыболовного флота и/или в качестве прототипов для задач их оптимизационного проектирования или модернизации.

Полученные результаты анализа рассматриваются как шаги в теоретическом осмыслении концепции и характерных особенностей современных НРС и в разработке математической модели для их оптимизационного проектирования [28].

Основные результаты по главе 2

В данной главе проведено реконструирование проектных характеристик современных НРС с последующим выполнением комплексного ТЭА их характеристик. Перечислим основные результаты данной главы:

-Усовершенствована методика реконструирования характеристик НРС с использованием современных компьютерных технологий в кораблестроении (система Maxsuf),

-Выполнено исследование вместимости НРС, результат которого позволяет разработать уравнение вместимости для НРС.

-Выполнен значительный объем статистического анализа проектных характеристик НРС, включающих характеристик формы корпуса и объемные, массовые и ресурсные характеристики. В результате для рассмотренных НРС получена обобщенная оценка значений проектных параметров и других характеристик, необходимых для задачи проектирования.

-Выполнены исследования характеристик остойчивости НРС и анализ влияния их характеристик (B , H , T) на остойчивость. Полученные регрессионные зависимости, в части для ζ_{kr} , h_{kr} , h_{Bkr} дают первичные оценки параметров остойчивости судна на ранней стадии проектирования.

-Проведены экономические расчетные оценки эффективности эксплуатации ряда НРС. Выполнен анализ влияния характеристик НРС (D , N_{gd} , η_{gd}) на их эффективность. Результаты позволяют выделить наиболее эффективные для заданных ТЭУ эксплуатации НРС, которые в последующем являются претендентами пополнения рыболовного флота и/или прототипами в задаче оптимизационного проектирования.

Глава 3. Математическое моделирование наливных рыболовных судов и их эксплуатации

Результаты выполненного ТЭА характеристик НРС обеспечили информационную базу, необходимую для разработки математической модели судна и ее программного обеспечения для выполнения проектных и эксплуатационных расчетов как аппарата оптимизационного проектирования НРС.

Данная глава посвящена математическому моделированию НРС и их эксплуатации. Для задачи пополнения и развития флота морского рыболовства Вьетнама рассматривается концепция универсального судна с технологической схемой освоения, совмещающей преимущества наливного способа сохранения улова с его переработкой. В результате разработана математическая модель для осуществления оптимизационного выбора характеристик НРС для ТЭУ морского рыболовства СРВ.

3.1. Концепции среднетоннажных наливных рыболовных судов для морского рыболовства Вьетнама

Особенностями условий работы промысловых судов являются:

- поиск объектов промысла и его ведение различными орудиями лова;
- изготовление на борту широкого ассортимента рыбной продукции;
- перераспределение нагрузки в процессе промысла или во время рейса;
- длительное нахождение в море при различных метеорологических условиях,
- швартовные, перегрузочные и снабженческие операции, осуществляемые в открытом море.

Состояние сырьевой базы, различная удалённость района промысла от портов базирования, виды обработки рыбной продукции и ряд дополнительных факторов обуславливают для рыболовных судов необходимость применения разнообразных форм организации промысла. При этом существенно изменяется и производственный цикл промыслового судна [67]. В целом производственный цикл рыболовных судов можно разделить на следующие основные

операции: добыча рыбы, обработка и сохранение улова, его транспортировка, сдача улова на береговую базу и получение всех видов снабжения.

Добыча рыбы представляет основную производственную операцию, которая определяет производительность судна. Для ее увеличения стремятся увеличивать долю времени на лову.

Сохранение улова. С удалением района промысла от порта базирования увеличивается время рейса судна. При этом приходится хранить рыбу более длительное время. Наиболее простым способом ее сохранения является посол рыбы. Однако многие породы рыбы после посола в значительной мере теряют свои вкусовые качества. Лучшие с этой точки зрения результаты достигаются заморозкой рыбы и изготовлением консервов.

Обработка рыбы также является производственной операцией, по результатам которой повышается стоимость произведенной на судне рыбной продукции. Вместе с тем большие габариты технологического оборудования предполагают увеличение размеров судна.

Современные рыболовные суда характерны большим разнообразием выполняемых производственных операций и особенностей их функционального обеспечения, что формирует концепцию этих судов. В укрупненном плане основные производственные операции РС представлены на рисунке 3.1.1.

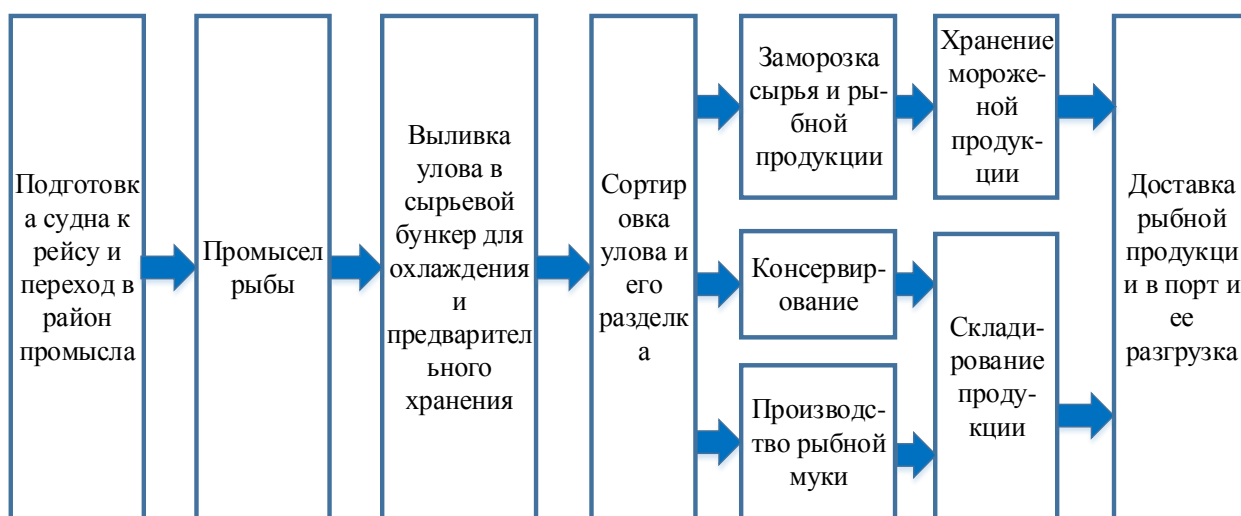


Рисунок 3.1.1 –Схема основных производственных операций рыболовных судов

По данной схеме производственные операции включают в себя подготовку к рейсу, переход в район промысла, поиск и добычу рыбных объектов с последующей возможной их переработкой, хранение рыбы или рыбной продукции и доставку ее в порт для реализации. Большим разнообразием характерен технологический процесс переработки улова. Он определяется особенностями объекта лова и составом технологического оборудования судна [53]. В общем случае предусматриваются технологические линии: рыбоделочная (Q_{obr}), морозильная (Q_{mor}), рыбомучная (Q_{rmu}) и вспомогательные установки по производству консервов (Q_k) и жира (Q_z).

В течение последних двух-трех десятилетий в мировом рыболовстве появились НРС, концепция которых относительно нова и определилась как характерная и развивающаяся категория рыболовных судов. Современные НРС, в основном – это узкоспециализированные рыболовные суда, имеющие достаточно простую схему технологического процесса освоения улова. Улов направляется (перекачивается рыбонасосом) в наливные танки для его хранения и доставки в порт для реализации. Разделка улова отмечается чаще на малых прибрежных НРС, оборудованных не только наливными танками для охлаждаемого улова, но и «сухими» свежьевыми трюмами с охлажденной обработанной рыбой. Реже на малых судах применяют заморозку улова.

Изучение условий морского рыболовства Вьетнама предлагает использование для него универсальных НРС со схемой освоения улова, приведенной на рисунке 3.1.2. Такая концепция учитывает неопределенность в ведении промысла (сезонность по его районам, разнообразие видов добываемого сырья, нестабильность сырьевой базы и пр.) и предполагается задание единой грузопместимости судна. При этом обеспечивается обустройство рыбных танков, способных принимать не только рыбу наливом, но и (при осушении танков) мороженую продукцию, свежее и консервы вспомогательного консервного производства (ВКП). Рыбомучное производство в данной схеме не предусматривается, что характерно для современных НРС.

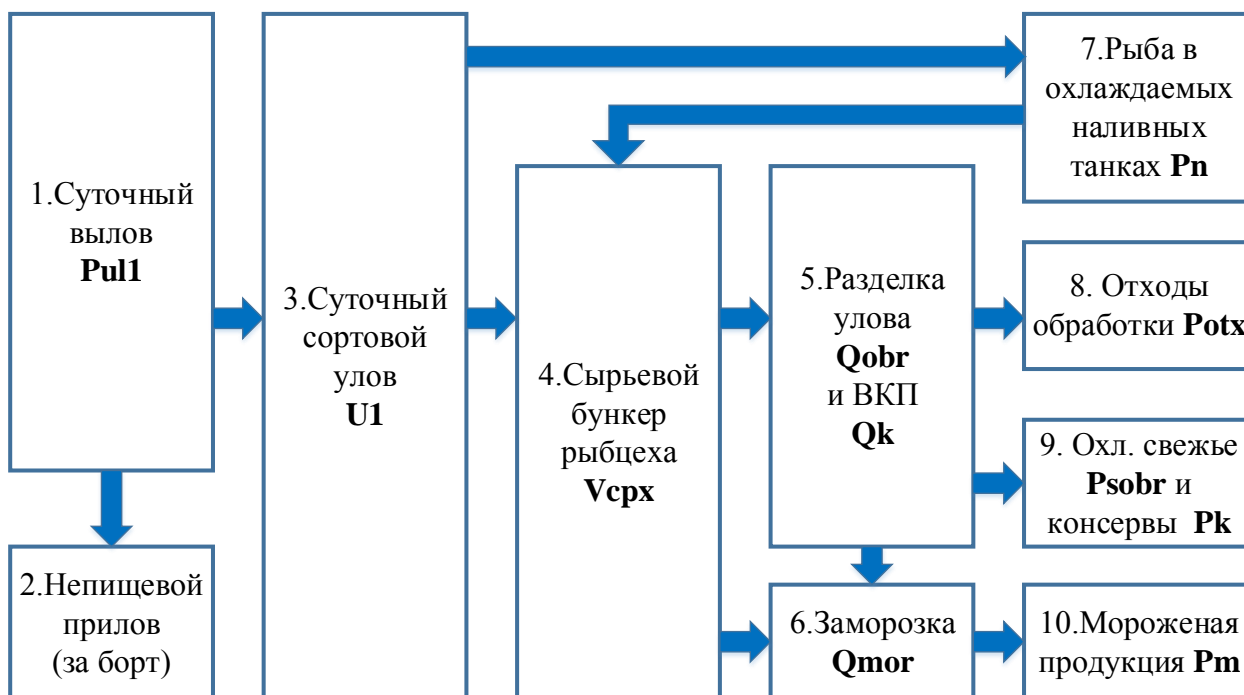


Рисунок 3.1.2 –Схема технологического процесса освоения улова

В соответствии с данной схемой, при улове P_{ul1} (п.1) неприщевой прилов (п.2) отбрасывается за борт. Сортной улов U_1 (п.3) частично направляется в сырьевой бункер рыбцеха (п.4), а остальная часть – в охлаждаемые наливные танки (п.7). Отметим, что последующее пополнение сырьевого бункера может осуществляться как за счет очередного промыслового цикла (п.3), так и (при неудачном лове или прекращении промысла при возвращении судна в порт) из наливных танков (п.7).

В рыбцехе (п.5) осуществляется ВКП и разделка улова. Разделанная рыба направляется либо на заморозку (п.6) и в осушенные танки для мороженой продукции (п.10), либо в аналогичные танки для свежью (п.9), где хранится вместе с консервами ВКП. Отходы обработки направляются в танк отходов (п.8). При наличии резерва в производительности морозильной установки заморозке подвергается и неразделанная рыба сырьевого бункера (п.4). Также предусматривается возможный вариант выброса отходов обработки за борт, но это не приветствуется органами охраны экологического контроля.

Последующие уловы поступают в свободные наливные рыбные танки, а

в сырьевой бункер (для последующей разделки и заморозки) направляется рыба первых уловов. Это позволяет увеличить время судна на лову при ограниченных сроках хранения охлажденной рыбы. Отметим также, что для повышения эффективности судна его технологическое оборудование продолжает работать и по окончании лова, т.е. во время возвращения судна в порт.

Грузоподъемность судна складывается из ее значений по трюмам мороженой продукции, наливных танков, свежевому рефрижераторному трюму, консервов и отходов. Принятая схема технологического процесса освоения улова предусматривает приоритет заполнения наливных танков с последующим заполнением морозильного и свежевого трюмов. Принятая универсальность в схеме освоения улова позволяет рассматривать проектные и эксплуатационные задачи НРС с разными особенностями их назначения, в частности:

.1. Чисто наливные суда. В данном случае в исходных данных модели обнуляются значения характеристик их технологического оборудования.

.2. Свежевые рыбообрабатывающие суда, предусматривающие свежей трюм и наливные танки, в части из которых отходы обработки улова транспортируются в порт базирования.

.3. Морозильно-свежевые суда с обработкой улова, предусматривающие морозильный и свежей трюмы и наливные танки.

3.2. Эксплуатационный блок модели наливных рыболовных судов

Для формирования эксплуатационной модели НРС в качестве базовой была принята модель МЭРС, основные положения которой изложены в [33]. Объектом моделирования является универсальное НРС с принятой технологической схемой освоения улова (рисунок 3.1.2). На нем предусматриваются рыбообрабатывающие линии производительностью Q_{obr} , т/сут, морозильная установка Q_{mor} , а также вспомогательное производство консервов Q_v и рыбьего жира Q_z .

Характерной особенностью проектирования рыболовного судна является

тесная связь его характеристик с ТЭУ промысла. При оценке среднего суточного вылова использованы исследования, представленные в [4; 68]. В соответствии с ними улов траулера зависит от объема процеженной тралом воды, определяемым размерами, раскрытием и скоростью перемещения трала, а в конечном итоге – мощностью главного двигателя, передаваемой на винт в режиме траления. С учетом состояния сырьевой базы района промысла, характеризуемой коэффициентом K_{sb} , для оценки среднесуточного вылова P_{ul1} используется зависимость, принятая в [37]:

$$P_{ul1} = K_{prs} \cdot K_{sb} \cdot N_{gd}, \quad (3.2.1)$$

где K_{prs} – коэффициент, учитывающий качественное изменение промысловой системы (оружий лова, промысловой схемы и механизмов, рыбопоисковой аппаратуры и пр.);

В плане формирования среднесуточной производительности судна необходимо различать его среднесуточные промысловые возможности (P_{ul1} , т/сут) и возможности его технологических линий по обработке улова (Q_{i1} , т/сут). С учетом случайного характера уловов среднесуточная производительность РС определяется в результате решения задачи о взаимодействии добывающего и рыбообрабатывающего комплексов. В условиях НРС среднесуточная производительность судна определяется значением среднесуточного вылова.

Масса сортового улова ($K_{sort} \sim 0,95$) за сутки составляет $U_1 = K_{sort} \cdot P_{ul1}$. Часть его сразу направляется на ВКП для производства консервов, масса которых $P_{k1} = Q_k$, т, где Q_k – производительность ВКП, т/сут.

Суточное сырье, направляемое на обработку, т.: $U_2 = U_1 - P_{k1}$. Сырье, освоенное за сутки технологической линией рыбцефа, определяется выражением $P_{robr1} = \min(U_2, Q_{obr})$. Суточная масса разделанной рыбы $P_{obr1} = K_{obr} \cdot P_{robr1}$, где K_{obr} – коэффициент выхода продукции ($K_{obr} = 0,6 \div 0,8$). Неразделанной рыбы за сутки останется $P_{n10} = U_2 - P_{robr1}$, а отходов обработки $P_{otx1} = P_{robr1} - P_{obr1} - P_{z1}$.

Отходы обработки могут быть использованы для производства рыбьего жира $P_{z1} = K_z \cdot P_{z10}$, K_z – коэффициент выхода готовой продукции по жиру ($K_z = 0,2$), $P_{z1} = \min(P_{otx1}, Q_z)$.

Приоритет при заморозке отдается обработанной рыбе. Если $Q_{\text{mor}} > Q_{\text{obr}}$, заморозке подвергается и неразделанная рыба. Мороженая продукция направляется в осушенный танк, где хранится в упакованном виде при соответствующей температуре. Если же $Q_{\text{mor}} < Q_{\text{obr}}$, остатки разделанной незамороженной рыбы направляются в другой осушенный охлаждаемый танк, где хранится в рыбных ящиках.

Суточное сырье, поступающее на заморозку, т: $P_{m10} = P_{\text{obr}1} + P_{n1}$. Его часть, освоенная морозильной установкой, составит $P_{m1} = \min(P_{m10}, Q_{\text{mor}})$. Разделанной замороженной рыбы $P_{\text{mobr}1} = \min(P_{\text{obr}1}, Q_{\text{mor}})$. Остаток обработанной рыбы направляется в охлаждаемый трюм, т: $P_{\text{sobr}1} = P_{\text{obr}1} - P_{\text{mobr}1}$. При $Q_{\text{mor}} > Q_{\text{obr}}$ замораживается и неразделанная рыба в количестве $P_{\text{mn}1} = P_{m1} - P_{\text{mobr}1}$. Остальная неразделанная рыба в количестве P_{n1} поступает в наливные танки: $P_{n1} = P_{n10} - P_{m1} = U_2 - P_{\text{obr}1} - P_{\text{mn}1}$, т.

Суммарная масса рыбной продукции за сутки, т:

$$P_{\text{pr}1} = \sum P_{\text{pri}1} = P_{n1} + P_{\text{mn}1} + P_{\text{mobr}1} + P_{\text{sobr}1} + P_{k1} + P_{z1} + P_{\text{ox}1}, \quad (3.2.2)$$

где P_{n1} , $P_{\text{mn}1}$, $P_{\text{mobr}1}$, $P_{\text{sobr}1}$, P_{k1} , P_{z1} , $P_{\text{ox}1}$ – масса продукции за сутки соответственно по наливной, мороженной неразделанной и разделанной, охлажденной разделанной рыбе, консервам, жиру и отходам.

Суммарный объем продукции за сутки, м³:

$$W_{\text{pr}S1} = W_{n1} + W_{\text{mn}1} + W_{\text{mobr}1} + W_{\text{sobr}1} + W_{k1} + W_{z1} + W_{\text{ox}1}, \quad (3.2.3)$$

где $W_{\text{gr}i1} = P_{\text{gr}i1} \cdot w_{\text{gr}i}$; $w_{\text{gr}i}$ – погрузочный коэффициент i -ной продукции, м³/т.

Масса продукции с учетом тары определяется по формуле $P_{\text{gr}i1} = P_{\text{pri}1} \cdot K_{\text{tari}}$, где K_{tari} – коэффициент тары i -ой продукции;

Время лова, необходимое для заполнения грузовых помещений судна составит $T_{\text{lgr}} = W_{\text{grz}} / W_{\text{pr}S1}$, сут. Следует заметить, что время НРС на лову T_l определяется как минимальное из трех значений:

$$T_l = \min \{ T_{\text{lgr}}, T_{\text{ltp}}, T_{\text{lkr}} \}, \text{ сут.}, \quad (3.2.4)$$

где T_{ltp} – время на лову по запасам топлива на борту судна; T_{lkr} – время на лову с учетом принятого срока хранения охлажденной рыбы с момента ее вылова

до сдачи на берег.

При наличии заморозки, время НРС на лову по сроку хранения охлаждаемой рыбы увеличивается обратно пропорционально коэффициенту K_{txr} , учитывающему соотношение между производительностью морозильной установки судна Q_{mor} , т/сут, и массой суточного поступления охлажденной рыбы P_{m10} , т.е. $T_{\text{lxr}}^* = T_{\text{lxr}} \cdot K_{\text{txr}}^{-1}$, где

$$K_{\text{txr}} = 1 - Q_{\text{mor}}/P_{\text{m10}}. \quad (3.2.5)$$

При этом коэффициент загрузки грузовых помещений судна составляет:

$$K_{\text{zagr}} = W_{\text{prS1}} \cdot T_1 / W_{\text{grz}}. \quad (3.2.6)$$

На обратном переходе в порт (T_x) процесс обработки и заморозки рыбы из заполненных наливных танков продолжается. Фактическое время производственных операций по обработке улова составит $T_{\text{lx}} = T_x + T_l$, сут.

Масса i -ой продукции за рейс, т: $P_{\text{prir}} = P_{\text{pri1}} \cdot T_{\text{lx}}$. Суммарная масса всех видов продукции за рейс (т.е. за вычетом рыбы в наливных танках) составит $P_{\text{prr0}} = P_{\text{mnr}} + P_{\text{mobrr}} + P_{\text{sobrr}} + P_{\text{kr}} + P_{\text{zr}} + P_{\text{oxtr}}$. Соответственно их объем, м³: $W_{\text{prr0}} = W_{\text{mnr}} + W_{\text{mobrr}} + W_{\text{sobrr}} + W_{\text{kr}} + W_{\text{zr}} + W_{\text{oxtr}}$, где $W_{\text{grir}} = P_{\text{grir}} \cdot wp_{\text{grir}}$, м³. Масса i -ой продукции с учетом тары $P_{\text{grir}} = P_{\text{prir}} \cdot K_{\text{tari}}$.

Объем танков с наливной рыбой за рейс, м³: $W_{\text{nr}} = W_{\text{prS1}} \cdot T_1 - W_{\text{prr0}}$. Ее масса, т: $P_{\text{nr}} = W_{\text{nr}} / (wp_{\text{grn}} \cdot K_{\text{tarn}})$.

Суммарная масса продукции за рейс определяется по формуле:

$$P_{\text{prr}} = \Sigma P_{\text{prir}} = P_{\text{nr}} + P_{\text{prr0}} = P_{\text{nr}} + P_{\text{mnr}} + P_{\text{mobrr}} + P_{\text{sobrr}} + P_{\text{kr}} + P_{\text{zr}} + P_{\text{oxtr}}, \text{ т.}$$

При полном заполнении рыбных трюмов/танков, суммарная масса продукции по истечении рейса соответствует заданной грузоподъемности судна по всем видам продукции, т.е. $P_{\text{grr}} = P_{\text{grz}}$.

Расчетное значение автономности судна A_{vz} складывается из времени на переходы из порта базирования до района промысла и обратно T_x , времени на лову для полной загрузки судна рыбной продукцией (с учетом времени на штормование судна, характеризуемое коэффициентом K_{shT}) и на морской запас T_{mz} (принятое время $T_{\text{mz}} = 0,1 A_{\text{vt}}$):

$$A_{vtz}=2T_x+T_l \cdot K_{sht}+T_{mz}. \quad (3.2.7)$$

Время рейса судна определяется формулой:

$$T_r=A_{vtz}+T_{sp} \quad (3.2.8)$$

Время на переход из порта базирования в район промысла (или обратно) $T_x=R/24v_{ss}$, сут., где R –удаленность района промысла, миль; v_{ss} –скорость судна в узлах с учетом потери эксплуатационной скорости v_s из-за неблагоприятных погодных условий на переходах: $v_{ss}=v_s(0,82+0,01v_s)$, узл. Время межрейсовой стоянки в порту T_{sp} является входной величиной и в расчетах принимается равным 2 сут.

Расчеты бюджетного времени НРС позволяют рассчитать в натуральном (в тоннах) и стоимостном (\$) исчислении производительность судна за рейс.

Стоимость продукции за рейс, тыс. \$:

$$Q_{gr} = \Sigma S_{pir} = S_{nr} + S_{mnr} + S_{mobrr} + S_{sobrr} + S_{kpr} + S_{zr} + S_{otxr}, \quad (3.2.9)$$

где S_{nr} , S_{mnr} , S_{mobrr} , S_{sobrr} , S_{kpr} , S_{zr} , S_{otxr} –стоимость продукции по наливной, мороженной разделанной и не разделанной, свежей рыбы, консервов, жира и отходов соответственно; $S_{pir} = P_{pir} \cdot C_{pri}$ и C_{pri} –показатель цены одной тонны i -ой продукции.

Оценка строительной стоимости судна S_k , осуществляется укрупнено [44], с использованием входных параметров по стоимости основного корпуса (D_{ps} , т), суммарной мощности СЭУ (N_s , кВт) и производительности технологических линий судна (Q_{obr} и Q_{mor} , т/сут). Значения параметры определяются оператором расчетов с учетом конкретных условий постройки судна:

$$S_k = K_S(C_D \cdot D_p + C_N \cdot N_s + C_O \cdot Q_{obr} + C_M \cdot Q_{mor}), \quad (3.2.10)$$

где C_i –параметры стоимости и K_S –коэффициент изменения. Стоимость судна, отнесенная на рейс, определяется по формуле: $S_{kr} = S_k \cdot T_r/365$, тыс. \$.

Эксплуатационные затраты судна за рейс, тыс. \$, определяются суммой:

$$C_{sr}=\Sigma C_{ir} = C_{tpr} + C_{pitr} + C_{zplr}+C_{olr} + C_{tarr}+C_{licr} + C_{nalr} + C_{amr}, \quad (3.2.11)$$

где C_{tpr} , C_{pitr} , C_{zplr} , C_{olr} , C_{tarr} , C_{licr} , C_{nalr} , C_{amr} –затраты соответственно на топливо, питание экипажа, зарплату, ремонт оружия лова, тары, лицензию, налоги,

амортизацию и ремонт.

Промысловые суда как средства промышленного рыболовства и обработки рыбы обладают определенным уровнем экономического потенциала. Системный комплексный подход определяет необходимость единства производственных, временных и стоимостных показателей, характеризующих уровень экономического потенциала в проектируемом судне. Основными экономическими показателями рыболовного судна являются следующие:

- финансовый результат, тыс. \$:

$$F_{rezr} = Q_{gr} - C_{sr}, \quad (3.2.12)$$

- рентабельность, %:

$$R_{ent} = 100 F_{rezr} / C_{sr}, \quad (3.2.13)$$

- себестоимость 1 тонну рыбы–сырца, \$/т:

$$S_{eb} = 1000 Q_{gr} / P_{pr}, \quad (3.2.14)$$

- срок окупаемости капиталовложений, лет:

$$T_{ok} = S_{kr} / F_{rezr}, \quad (3.2.15)$$

- вылов на одного члена экипажа, т/чел.:

$$Q_{ek} = P_{pr} / N_{ek} \quad (3.2.16)$$

- приведенные затраты на 1 тонну рыбы–сырца, \$/т:

$$P_{riv} = 1000 (C_{sr} + 0,1 S_{kr}) / P_{pr} \quad (3.2.17)$$

- приведенные затраты на 1 \$ продукции, \$/т:

$$P_{rivw} = (C_{sr} + 0,1 S_{kr}) / Q_{gr} \quad (3.2.18)$$

- рейсовая производительность судна на 1 капвложений, %:

$$K_q = 100 Q_{gr} / S_{kr} \quad (3.2.19)$$

- рейсовые эксплуатационные затраты на 1 капвложений, %:

$$K_c = 100 C_{sr} / S_{kr} \quad (3.2.20)$$

- эффективность капиталовложений, %:

$$F_{kap} = K_q - K_c \quad (3.2.21)$$

- финансовый результат на 1 тонну вылова, тыс. дол/т:

$$F_{rlu} = F_{rezr} / P_{pr}. \quad (3.2.22)$$

Итак, для развивающейся концепции НРС представляет безусловный и

теоретический, и практический интерес возможность повышения их экономической эффективности путем совмещения преимуществ наливного способа сохранения улова с его переработкой. Такая универсализация наливных рыболовных судов рассмотрена в рамках изучения возможности и целесообразности использования среднетоннажных НРС для морского рыболовства СРВ. По своему характеру такая задача о поиске лучшего варианта оснащения судна является оптимизационной [30]. Условием ее решения является обеспечение оптимизированного баланса технических характеристик судов (их мощности, производительности рыбообрабатывающего оборудования, автономности судна по запасам топлива) и также ТЭУ их эксплуатации (состояния сырьевой базы района промысла, сроков хранения охлажденной продукции, а также индекса цен и затрат).

3.3. Технический блок модели наливных рыболовных судов для задач оптимизации его характеристик

Из известных и апробированных способов оптимизации характеристик рыболовных судов зачастую используется способ постоянного водоизмещения. Он предусматривает расчетное определение элементов судна с использованием детализированной системы уравнений проектирования, разработанной для соответствующего класса судов с достаточно полной их технической документацией. В нашем случае рассматривается новый характерный класс НРС при перманентном развитии и использовании все более современного комплектующего оборудования с его массовыми, объемными, ресурсными характеристиками и с тщательной комплексной проработкой принимаемых проектных и конструктивных решений. По этим причинам предпочтение в выборе способа оптимизации отдается другому способу – способу постоянных размеров судна (точнее – его габаритов: длины, ширины и высоты борта), при котором потребная корректировка принятых на исходном судне решений может быть минимизирована. Этот выбор обусловлен стремлением минимизировать объем, а следовательно и стоимость проектно-конструкторских работ по

результатам выполненной оптимизации.

Таким образом, рассматривается исходное НРС с заданным количеством рыбных танков и суммарной их грузовместимостью W_{grz} , м³. Оно оснащается технологическим оборудованием задаваемой производительности (т/сут. по сырью): рыбообрабатывающим, Q_{obr} и морозильным, Q_{mor} , а также вспомогательными установками по производству консервов, Q_k и, жира Q_z .

Очевидно, что размещение на борту исходного НРС технологического оборудования приведет к изменениям нагрузки судна, его стоимости, ресурсообеспечения (в части электроэнергии, топлива, экипажа), потребует перераспределения его помещений с соответствующим снижением его грузовместимости по рыбной продукции. В модели эти изменения последовательно учитываются в расчетах потребной мощности его рефрижераторной установки и судовой электростанции, автономности судна и запасов топлива, вместимости, дедвейта и водоизмещения судна порожнем, а также в расчетах его производительности, эксплуатационных затрат, строительной стоимости и экономических показателей эксплуатации.

Блок-схема модели оптимизации характеристик наливных рыболовных судов (индексируем МоНРС) представлена на рисунке 3.3.1 в виде двух укрупненных блоков. Первый из них отводится для расчета характеристик исходного судна, а второй – проекта. Расчеты технических характеристик (п.п. 1.1 и 2.1 блок-схемы) осуществляются с использованием как традиционных проектных зависимостей, так и полученных по результатам реконструирования [27; 32]. Расчеты эффективности судна (п.п. 1.2 и 2.2) выполняются в соответствии с принятой в данной работе схемой технологического процесса освоения улова (см. рисунок 3.1.2) и своими результатами представляют сопоставительную экономическую экспертизу исходного судна и проекта. Для обеспечения сопоставимости расчетов, параметры блока входных данных проекта принимаются по исходному судну.

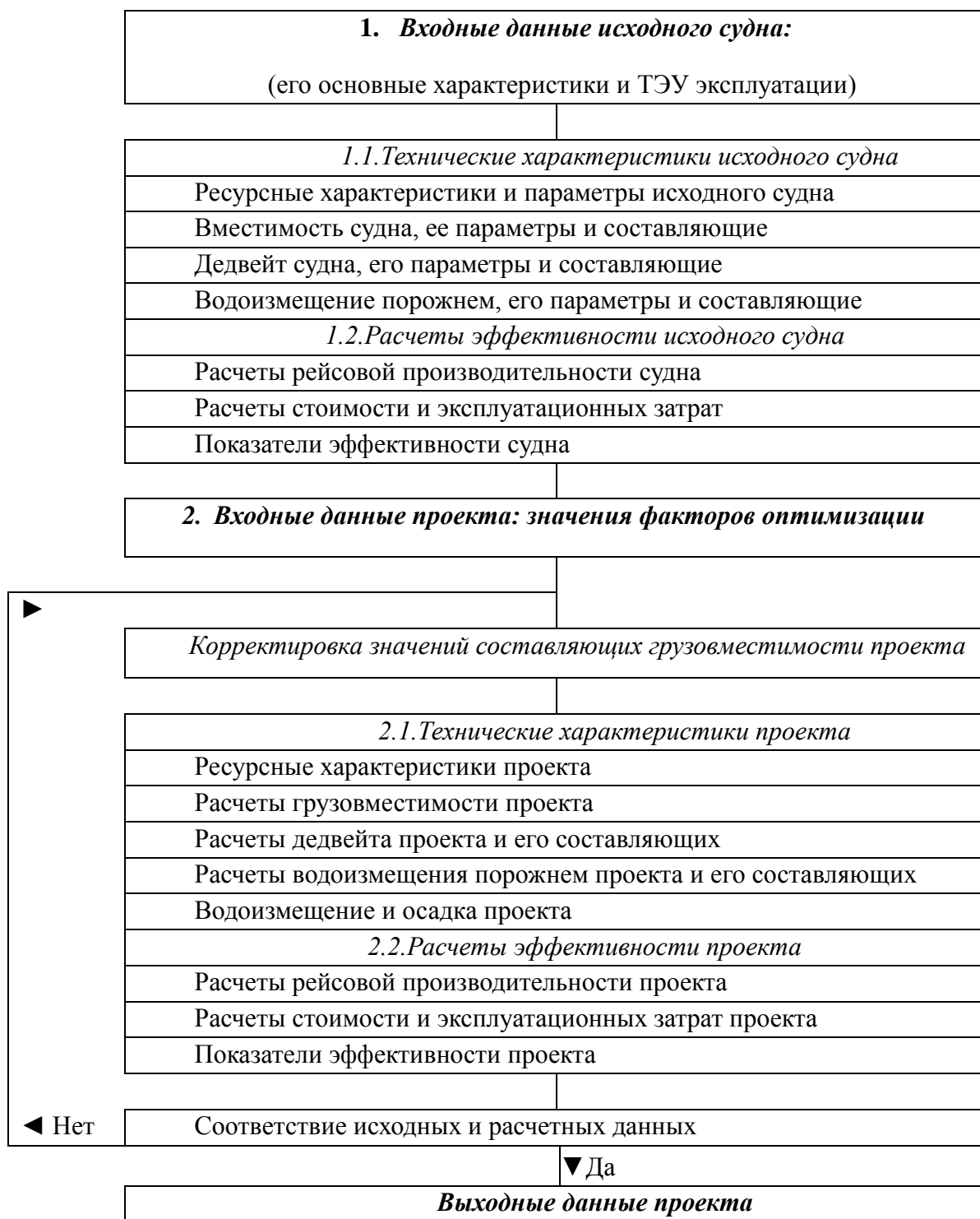


Рисунок 3.3.1 –Блок-схема математической модели проектирования НРС

Исходным материалом для решения задачи оптимизации характеристик НРС принимаются данные современного НРС, для которого технические и эксплуатационные характеристики, опубликованные в открытой печати, допол-

нены проектными параметрами, полученными в результате реконструирования и статистического анализа характеристик этих судов. Исходными данными для проектных расчетов являются суммарная грузоподъемность исходного судна W_{grz} , м³, и значения оптимизируемых характеристик. Результаты проектных расчетов (блок 2) являются исходными данными для задачи оптимизации характеристик судна.

Методы определения основных элементов и характеристик судна основываются на решении системы уравнений теории проектирования судов. Основы теории проектирования судов, требования, предъявленные к модели, учет особенностей рыболовного судна как системы, а также опыт выполнения проектных расчетов и его анализ определяют состав уравнений проектирования. При решении системы уравнений способ постоянных размерений судна определяющими уравнениями становятся уравнения масс, плавучести и вместимости.

Уравнение масс и плавучести. В расчетах элементов НРС на ранних стадиях проектирования при разбивке масс используется проектный подход, отмеченный в [11]. В сравнении со стандартной разбивкой нагрузки, ее разделы укрупнены и предполагают соответствующие функциональные связи с элементами судна. Уравнение составляется для проектного расчетного случая нагрузки при снятии судна с промысла с полным уловом и судовыми запасами, достаточными для возвращения в порт.

Водоизмещение судна, т. $D = D_p + D_w$ и $D = \rho \delta L_p B L$.

Водоизмещение порожнем судна D_p определяется, как сумма статей составляющих нагрузок, т.: $D_p = P_{mk} + P_{ok} + P_{mo} + P_{pr} + P_{pu} + P_{ref} + P_{rc} + P_{agr} + P_{tb}$.

Масса металлического корпуса с подкреплениями и фундаментами, т.: $P_{mk} = C_{p_{mk}} \cdot p_{mk} \cdot M_p \cdot (1,05 - 18 M_p \cdot 10^{-6})$, где $p_{mk} = 0,1$ и M_p – приведенный кубический модуль, $M_p = L_p B H \cdot (1 + S_n)$, м³;

Масса оборудования помещений, т: $P_{ok} = C_{p_{ok}} \cdot p_{ok} \cdot M_p$, где $p_{ok} = 0,058$;

Масса оборудования МКО, т: $P_{mo} = P_{gm} + P_{wg} + P_{kot}$.

Масса главных механизмов, т: $P_{gm} = Cp_{gm} \cdot p_{gm} \cdot N_{gdg}$, где $p_{gm} = (51,2 - 1,2N_{gd}10^{-3})10^{-3}$.

Масса валогенераторов N_{wgs} , т: $P_{wg} = Cp_{wg} \cdot p_{wg} \cdot N_{wgs}$, где $p_{wg} = 0,03$.

Масса котельной установки, т: $P_{kot} = Cp_{kot} \cdot p_{kot} \cdot Q_{kot}$, где $p_{kot} = 1,3$.

Масса промышленного оборудования, т: $P_{pr} = Cp_{pr} \cdot p_{pr} \cdot N_{gd}$, где $p_{pr} = 0,03$.

Масса подруливающего устройства, т: $P_{pu} = Cp_{pu} \cdot p_{pu} \cdot N_{pu}$, где $p_{pu} = 0,01$.

Масса рефрижераторной установки, т: $P_{ref} = Cp_{ref} \cdot p_{ref} \cdot Q_{ref}$, где $p_{ref} = 0,03$.

Масса оборудования рыб-цеха, т: $P_{rc} = Cp_{rc} \cdot p_{rc} \cdot (Q_{obr} + Q_{mor} + Q_k + Q_z)$, где $p_{rc} = 0,75$;

Масса агрегатных установок, т: $P_{agr} = Cp_{agr} \cdot p_{agr} \cdot W_{aggr}$, где $p_{agr} = 0,1$.

Масса твердого балласта, т: $P_{tb} = Cp_{tb} \cdot p_{tb} \cdot D$, где p_{tb} – измеритель массы твердого балласта.

Дедвейт, т: $Dw = P_{grz} + P_{tp} + P_{pv} + P_{ek} + P_{prov} + P_{sn}$. Заданная грузоподъемность судна, т: $P_{grz} = \sum P_{griz} = P_{grnz} + P_{grmz} + P_{grsobrz} + P_{grkz} + P_{grzz} + P_{otxz}$, где $P_{griz} = P_{priz} \cdot K_{tari}$ – заданная грузоподъемность судна по видам продукции: наливной, свежей, мороженой рыбы, консервов, жира и отходов; P_{priz} , K_{tari} – чистая масса и коэффициент тары i -ой продукции.

Масса топлива, т: $P_{tp} = P_{tpz} \cdot K_{zap}$, где K_{zap} – коэффициент запаса.

Масса пресной и котловой воды, т: $P_{pv} = 5(p_{pv} \cdot N_{ek} + p_{kv} \cdot Q_{kot})$, где $p_{pv} = 0,15$ и $p_{kv} = 2,5$.

Масса экипажа и провизий, т: $P_{ek} = p_{ek} \cdot N_{ek}$ и $P_{prov} = p_{prov} \cdot N_{ek} \cdot A_{vtz} \cdot K_{zap}$ (A_{vtz} – заданная автономность судна; $p_{ek} = 0,125$ и $p_{prov} = 3,5 \cdot 10^{-3}$).

Масса судового снабжения, т: $P_{sn} = Cp_{sn} \cdot p_{sn} \cdot N_{gd}$, где $p_{sn} = 0,02$.

В приведенных формулах p_i – измеритель массы, а Cp_i – коэффициенты изменения массы при принятии новых технических решений.

Уравнение вместимости обеспечивает соответствие его фактических и потребных объемов. Для определения этих объемов судна использованы эмпирические формулы, которые связаны с элементами и характеристиками

судна, и результат реконструирования (см. раздел 2.1). Объемы потребные определяются по сумме всех судовых помещений, м³:
 $W_{sp} = W_{gr} + W_{tp} + W_{pv} + W_{ek} + W_{agr} + W_{rc} + W_{ref} + W_{mo} + W_{osn} + W_{bl} + W_{sn}$. Теоретический объем грузовых помещений, м³: $W_{gr} = \Sigma W_{gri}$, где $W_{gri} = P_{griz} \cdot K_{tari} \cdot K_{izn}$ и w_{gri} – погрузочный коэффициент i -ной продукции.

Объем помещений ОСН, м³: $W_{osn} = Cw_{osn} \cdot w_{osn} \cdot W_k$, где $w_{osn} = 0,112$.

Объем жидкого балласта, м³: $W_{bl} = Cw_{bl} \cdot w_{bl} \cdot W_k \cdot K_n$, где $w_{bl} = 0,02$.

Объем цистерны топливной, м³: $W_{tp} = P_{tpz} \cdot \gamma_{tp} \cdot K_n$, где $\gamma_{tp} = 0,85$ – удельный вес топлива.

Объем жилых и бытовых помещений, м³: $W_{ek} = Cw_{ek} (4,122 \cdot N_{ek}^{0,737} \cdot D^{0,393})$.

Объем цистерны пресной и котловой воды, м³: $W_{pv} = 5(p_{pv} N_{ek} + p_{kv} Q_{kot}) \cdot K_n$.

Объем рыбцефа, м³: $W_{rc} = Cw_{rc} \cdot w_{rc} \cdot (Q_{obr} + Q_{mor} + Q_k + Q_z)$, где $w_{rc} = 2,5$.

Объем агрегатных помещений, м³: $W_{agr} = Cw_{agr} \cdot (w_{agr} \cdot W_k + 61,4)$, где $w_{agr} = 0,0877$.

Объем помещений для рефрижераторной установки, м³:
 $W_{ref} = Cw_{ref} \cdot w_{ref} \cdot N_{ref}$, где $w_{ref} = 0,178$.

Объем МКО, м³: $W_{mk} = Cw_{mk} \cdot (w_{mk} \cdot N_{gdd} + w_{kot} \cdot Q_{kot})$, где $w_{mk} = 0,13$ и $w_{kot} = 5,5$.

Объем помещения судовых снабжений, м³: $W_{sn} = Cw_{sn} \cdot w_{sn} \cdot W_k \cdot K_n$, где $w_{sn} = 0,03$.

В приведенных формулах w_i – измерители объемов; Cw_i – коэффициенты изменения объема при принятии новых технических решений; $K_n = 1,04$ – эмпирический коэффициент потерь объема на набор, $K_{izn} = 1,13$ – на набор с изоляцией.

Отметим также, что в модели МоНРС мощность главных двигателей судна является входной (задаваемой) величиной. Для оценки скорости v_s , уз., используется формула для среднескоростных судов, каковыми являются современные НРС (см. [36]): $N_{gd} = v_s^7 / C_g$, где C_g – эмпирический коэффициент, значение которого при выполнении сопоставительных расчетов принято осредненным и равным $C_g = 68600$.

Мощность СЭС НРС определяется по представленной в [36; 38] методике с учетом потребностей в энергообеспечении общесудовых потребителей, промыслового комплекса, рефрижераторной установки, технологических линий судна и коэффициента резервирования СЭС, характерного для исходного судна.

3.4. Модель оптимизации характеристик наливных рыболовных судов как программный продукт

Программа математической модели для оптимизации характеристик морских НРС способом постоянных размерений (МоНРС) разработана в широко известной и доступной системе MathCad и представлена в Приложении Е. Она включает в себя (последовательно для исходного и оптимизируемого вариантов судна) блоки:

- входных и выходных данных судов,
- их технических характеристик (с расчетами вместимости судов, их дедвейта, водоизмещения порожнем и их составляющих),
- эксплуатационно-экономический, где имитируется работа судов в течение рейса с учетом соответствующих ресурсных изменений в их натуральном и стоимостном выражении и определением характеристик и показателей экономической эффективности судов.

Программа МоНРС предназначена для осуществления их технико-экономического анализа в конкретных ТЭУ их эксплуатации. Для заданных ТЭУ она позволяет:

- осуществлять сопоставительные оценки экономической эффективности конкретных НРС и их проектов, выполняя тем самым функции экономической экспертизы судов;
- выполнять исследования для изучения влияния ТЭУ эксплуатации НРС и их технических характеристик на показатели экономической эффективности судов;

- осуществлять оптимизационный выбор технических характеристик НРС в их размерениях (габаритах).

В программе МоНРС предусмотрена автоматизация итерационных технико-экономических расчетов оптимизируемого варианта судна при заданных его характеристиках. Оптимизация характеристик судна осуществляется в ходе итерационных расчетов методами градиентов и покоординатной релаксации с использованием факторного эксперимента [1] для формирования плана градиентных расчетов.

К математическим моделям предъявляется целый ряд требований [20]. Относительная простота и доступность модели, а также оперативность в работе с ней обеспечиваются в результате широкого использования эмпирических зависимостей при ограничении количества и соответствующем формировании исходных данных модели. Вместе с тем этот перечень в достаточной степени характеризует ТЭУ эксплуатации рыболовного судна и его особенности (см. Приложении Е).

Важнейшим требованием к модели является ее адекватность, которая обеспечивается в соответствии с методикой, представленной в [36; 38]. Методика предусматривает, в частности, приведение (настройку) модели МоНРС к исходному судну с расчетом значений масс (по водоизмещению порожнем P_{zdp} и по дедвейту P_{zdw} , т) и объемов (dW_s , м³), в совокупности не учтенных в рамках функциональных зависимостей, принятых практикой проектирования судов для составляющих уравнений масс и вместимости. Последующее включение полученных невязок в уравнения масс и вместимости обеспечивает для исходного судна соответствие заданных и расчетных значений его водоизмещения, объема и других характеристик. Настройка модели осуществляется автоматически, но требует контрольного анализа. Если параметры дополнительных статей нагрузки и вместимости ($pz_{Dp}=\Delta D_p/D$, $pz_{Dw}=\Delta D_w/D_w$, $pz_W=\Delta W/W_s$) велики (пороговой может быть принята невязка в 5-7%), необходимо повторно проверить соответствующие входные данные модели (или уяснить, в чем заключаются отличительные особенности данного исходного

судна).

При формировании ТЗ проекта (блок 2 на рисунке 3.3.1) с задаваемыми значениями оптимизируемых характеристик судна (производительности его технологического оборудования и мощности ГД), программа выполняет проектные расчеты. Они имеют итерационный характер и автоматизированы программными средствами.

Результаты выполненных проектных расчетов являются исходными данными в задаче оптимизации характеристик НРС. Результаты выполненных оптимизационных исследований представлены в следующей главе данной работы.

Основные результаты по главе 3

Предложена и обоснована концепция универсального НРС с технологической схемой освоения улова, совмещающей производственные возможности и достоинства наливных и рыбообрабатывающих судов. Разработана математическая модель универсальных НРС (МоНРС) для осуществления их экономической экспертизы и оптимизационного проектирования способом постоянных размерений (габаритов) судна. На базе модели МоНРС разработана программа с автоматизацией итерационных технико-экономических расчетов оптимизируемого варианта судна при заданных его характеристиках.

Глава 4. Методика оптимизационного выбора характеристик наливных рыболовных судов и результаты оптимизационных исследований

Разработка математической модели МоНРС и ее программного обеспечения открывает возможность осуществления оптимизационного выбора характеристик НРС для морского рыболовства Вьетнама. С учетом материалов, представленных в предыдущих главах данной работы, методика этого выбора может быть определена в двух пунктах:

1. Отбор из числа современных НРС тех судов, которые наиболее эффективны при их эксплуатации в технико-экономических условиях эксплуатации СРВ.

2. Оптимизационные исследования характеристик отобранных судов-претендентов.

Отметим также, что значимую роль в отработке данной методики играет анализ результатов большой серии оптимизационных исследований, выполненных для ряда НРС с широким диапазоном их водоизмещения.

4.1. Отбор судов-претендентов

Объектами выполненных эксплуатационных расчетов и оптимизационных исследований стали (в разной степени) 11 современных НРС, означенных в таблице 4.1.1 и характерных значительным разбросом значений их энерговооруженности $\eta_{gd}=N_{gd}/D= 1,0\dots 1,7$ и коэффициента утилизации по грузоподъемности $\eta_{gr}=P_{gr}/D= 0,31\dots 0,52$.

Таблица 4.1.1- Характеристики НРС

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Silda-skjaer	Solva-erskjaer	Jullian3	Silva-Nova	Nora-fjell	Clipper-ton	Vero-nica	Paula	Libas	Svanaug Elise	Hargun
L_p	23,6	28,7	33,3	36,0	38,4	46,3	49,8	51,6	55,0	56,4	60,0
D_i	626	966	1745	1456	1510	2052	3010	3001	2441	3308	3582
N_{gdi}	1050	1319	3000	2460	2400	2031	3975	3460	2640	3460	3840
η_{gri}	0.312	0.381	0.335	0.367	0.377	0.499	0.525	0.477	0.492	0.469	0.475
η_{gdi}	1.677	1.365	1.719	1.690	1.589	0.990	1.321	1.153	1.082	1.046	1.072

Оценки показателей эффективности, определяемые в блоке 1 модели МоНРС (см. раздел 3.3, рисунок 3.3.1), рассчитаны для всех 11 исходных НРС. ТЭУ их эксплуатации представлены в блоке входных модели (см. Приложение Е). В частности, приняты значения $R_{pr}=250$ миль и $K_{sb}=0.05$ при достаточно жестком сроке хранения охлажденной рыбы ($T_{xz}=3$ сут.). Пример расчет эффективности исходного НРС Silvanova представлен в таблице 4.1.2.

Таблица 4.1.2. Расчет эффективности Silvanova по МЭРС

МЭРС – Silvanova		$K_p := 0.976$	$\theta := 0.001$	$\gamma_{tp} := 0.85$
Входные данные		ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА		
$D := 1456$	$Pgrmz := 535$	$Psb := 0$	$wpgm := 1.03$	$Ktarm := 1.25$
$Dwz := 650$	$Pgrsz := 0$	$Qobr := 0$	$wpgs := 2.2$	$Ktars := 1.1$
$Lp := 36$	$Pgrmz := 0$	$Qmorz := 0$	$wpgm := 2$	$Ktarm := 1.03$
$Lk := 37.61$	$Pgrkz := 0$	$Qkz := 0$	$wpgk := 1.8$	$Ktark := 1.05$
$B := 10$	$Pgrzz := 0$	$Qzz := 0$	$wpgz := 1.03$	$Ktarz := 1$
$H := 7.3$	$Potxz := 0$	$Qkotz := .1$	$Kz := 0.02$	$Ktaro := 1$
$Hn := 4.8$	$Ppvz := 17$	$Qopr := 0$	$Krefn := 1$	$Sn := 0.166$
$T := 6.0$	$Ptpz := 99$	$Kobr := 0.8$	$Krefm := 0.6$	$Ksdl := 1.033$
$Ngd := 2460$	$ptplz := 0$	$pekz := 10$	$Krefs := 0.3$	$Cv := 0.986$
$Ndg := 630$	$vs := -13$	$Rpr := 250$	$Kn := 1.04$	$\delta := 0.658$
$Nwg := 500$	$atl := 0.17$	$Ksb := 0.05$	$Kizn := 1.15$	$\alpha := 0.872$
$Ntlz := 0$	$Sort := 0.95$	$Kprs := 1$	$ptb := 0$	$\beta := 0.899$
$Nrefz := 528$	$Nek := 9$	$Ce := 1.25$	$wzb := 0.01$	$h := 0.6$
$Co0 := 68600$	$Kek := 0$	$Kotx := 1$	$Kgr := 1$	$Kzapz := 0.25$
$Ctp := 600$				$Cnm := 1.2$
$Cm1 := 100$				$Com := 2.2$
$Cpit := 10$				$Ck := 15$
$Cnal := 0.3$				$Cz := 5$
$Col := 20$				$Cos := 2$
$Clic := 4$				$Cotx := 0.1$
$Cam := 0.17$				$Kst := 400$
$Ctar := 0.01$				$Cv := 0.986$
$Kcs := 1.01$				$\delta := 0.658$
$CDp := 1.6$				$Tsp := 2$
$CNp := 1.7$				$Txrrz := 3$
$Csk := 1.5$				$Ksht := 1.1$
$CSo := 10$				$Avtz := 7$
$Csm := 10$				
$Dw := (0.432 + D \cdot 10^{-5}) \cdot D = 650.19$				$Dw := \begin{cases} Dwz & \text{if } Dwz > 0 \\ Dw & \text{otherwise} \end{cases}$
$Y := K_p \cdot D = 1421.056$				$Dp := D - Dw = 806$
$L := Lp \cdot \sqrt[3]{V^{-1}} = 3.2$				
$\delta := V \cdot (Lp \cdot B \cdot T)^{-1} = 0.658$				$\eta_{Dwr} := 0.432 + D \cdot 10^{-5} = 0.45$
$\chi := \delta \cdot \alpha^{-1} = 0.75$				$\eta_{Dwi} := Dw \cdot D^{-1} = 0.45$
$\eta_{Dpi} := Dp \cdot D^{-1} = 0.55$				
$Ht := H \cdot T^{-1} = 1.22$				$\eta_{Dpi} := Dp \cdot D^{-1} = 0.55$
$Hn := H \cdot (1 + Sn) = 8.51$				$Mp := Lp \cdot B \cdot Hp = 3064.25$
$Mh := Lp \cdot B \cdot H = 2628$				
$Vk := Cv \cdot Ksdl \cdot D \cdot Ht^{xn} = 1923.22$				$\delta k := Vk \cdot Mh^{-1} = 0.73$
$VkD := Vk \cdot D^{-1} = 1.32$				
$Ws := Vk \cdot (1 + Sn) = 2242.47$				$dNek := Kek \cdot (Qmorz + Qobr) \cdot 20^{-1} = 0$
$WsD := Ws \cdot D^{-1} = 1.54$				$Nek := Nek + dNek = 9$
Параметры энерговооруженности судна				$NkD := Ngd \cdot D^{-1} = 1.69$
$Col := vs^7 \cdot Ngd^{-1} = -25507.53$				$Fr := 0.1644 \cdot vs \cdot Lk^{-0.5} = 0.4$
$Co := \begin{cases} Col & \text{if } vs > 0 \\ Co0 & \text{otherwise} \end{cases}$				$vss := vs \cdot (0.82 + 0.01 \cdot vs) = 14.52$
$Co0 := 68600$				$Kndg := Ngd \cdot Nses^{-1} = 0.56$
$Nses := Ngd + Nwg = 1130$				$Ns := Ngd + Nses = 3590$
$Ngdd := Ngd + Ndg = 3090$				
$Nref0 := Krefn \cdot Pgrmz + Krefs \cdot Pgrsz + 5.62 \cdot Qmorz + Krefm \cdot Pgrmz = 535$				
$Nref := \begin{cases} Nrefz & \text{if } Nrefz > 0 \\ Nref0 & \text{otherwise} \end{cases}$				
$Nref = 528$				
$Kref := Nref \cdot Nref0^{-1} = 0.987$				
$Ntlr := atl \cdot Ngd = 418.2$				
$Ntl := \begin{cases} Ntlz & \text{if } Ntlz > 0 \\ Ntlr & \text{otherwise} \end{cases}$				
$Ntl = 418.2$				
Бюджет времени рейса				$atl := Ntl \cdot Ngd^{-1} = 0.17$
$Tx := Rpr \cdot (24 \cdot vss)^{-1} = 0.72$				$Tv := 2 \cdot Tx + Tmz = 2.13$
$Tlxmz := (Txrrz - Tx) = 2.28$				$Trgr := Pgrmz \cdot (50 \cdot 24)^{-1} = 0.45$
$Tmz := 0.1 \cdot Avtz = 0.7$				$Kzap := \max(Kzap) = 0.25$
$Tltp0 := (Avtz - Tv) = 4.87$				
$Kzapr := (Tx + Tmz) \cdot Avtz^{-1} = 0.2$				$Kzap := \max(Kzap) = 0.25$
$Kzap := (Kzapz - Kzapr)$				
$Nep := 0.04 \cdot D + 0.041 \cdot Ngd + Nref + Qobr + 5.62 \cdot Qmorz + pekz \cdot (Qkz + Qzz) = 687.1$				$Ngd = 630$

$$\begin{aligned}
 & \text{ptpo} := 4.5 \cdot \theta \cdot (\text{Ngd} + \text{Nep}) + 0.064 \cdot \text{Qkotz} = 14.17 & \text{Cdt} := \text{Ptpz} \cdot (\text{ptpo} \cdot \text{Avtz})^{-1} = 1 \\
 & \text{ptp1R} := 0.9 \text{Ptpz} \cdot \text{Avtz}^{-1} = 12.72857 \\
 & \text{Rses} := \text{Nses} \cdot (\text{Nep} + \text{Ntl})^{-1} = 1.02 & \text{ptp1} := \begin{cases} \text{ptp1z} & \text{if } \text{ptp1z} > 0 \\ \text{ptp1R} & \text{otherwise} \end{cases} & \text{ptp1} = 12.73 \\
 & \text{Вместимость судна, его параметры и составляющие} & & \text{Kispt} := \text{ptpo} \cdot \text{ptp1R}^{-1} = 1.11 \\
 & \text{Cwosn} := 1 & \text{Cwek} := 1 & \text{Cwmk} := 1 & \text{Cwrc} := 1 & \text{Cwagr} := 1 & \text{Cwref} := 1 & \text{Cwsn} := 1 \\
 & \text{wosn} := 0.11 & \text{wek} := 36 & \text{wmk} := 0.13 & \text{wrc} := 2.5 & \text{wagr} := 0.106 & \text{wref} := 0.178 & \text{wsn} := 0.03 \\
 & \text{wkot} := 5.5 & \text{wQk} := 10 & \text{wQz} := 10 & \text{wrnu} := 10.4 \\
 & \text{Wgrm} := \text{Pgrnz} \cdot \text{wpgrn} \cdot \text{Kizn} = 633.71 & \text{Wgrk} := \text{Pgrkz} \cdot \text{wpgrk} \cdot \text{Kizn} = 0 \\
 & \text{Wgrs} := \text{Pgrsz} \cdot \text{wpgrs} \cdot \text{Kizn} = 0 & \text{Wgrz} := \text{Pgrzz} \cdot \text{wpgrz} \cdot \text{Kn} = 0 \\
 & \text{Wgrm} := \text{Pgrmz} \cdot \text{wpgrm} \cdot \text{Kizn} = 0 & \text{Wotx} := \text{Potxz} \cdot \text{Ktaro} \cdot \text{Kn} \cdot \text{Kotx} = 0 \\
 & \text{WgrS} := \text{Wgrm} + \text{Wgrs} + \text{Wgrm} + \text{Wgrk} + \text{Wgrz} + \text{Wotx} = 633.71 & \text{WgrV} := \text{WgrS} \cdot \text{Vk}^{-1} = 0.33 \\
 & \text{Wosn} := \text{wosn} \cdot \text{Vk} = 211.55 & \text{Wsb} := \text{Psb} \cdot \text{Kn} = 0 & \text{Wzb} := \text{wzb} \cdot \text{Ws} \cdot \text{Kn} = 23.32 \\
 & \text{Wrc} := \text{wrc} \cdot \text{Cwrc} \cdot (\text{Qobrz} + \text{Qmorz} + \text{Qkz} + \text{Qzz}) = 0 \\
 & \text{Wagr} := \text{wagr} \cdot \text{Cwagr} \cdot \text{Vk} = 203.86 & \text{Wsn} := \text{Cwsn} \cdot \text{wsn} \cdot \text{Vk} \cdot \text{Kn} = 60 \\
 & \text{Wmk} := \text{Cwmk} \cdot (\text{wmk} \cdot \text{Ngdd} + \text{wkot} \cdot \text{Qkotz}) = 402.25 & \text{Wref} := \text{wref} \cdot \text{Cwref} \cdot \text{Nref} = 93.98 \\
 & \text{Wtp} := \text{Ptpz} \cdot \text{Kn} \cdot \gamma \text{tp}^{-1} = 121.13 & \text{Wek} := 4.121 \cdot \text{Nek}^{0.737} \cdot \text{D}^{0.393} = 364.25 \\
 & \text{Wpvr} := 5 \cdot (\text{ppv} \cdot \text{Nek} \cdot \text{Kizn} + \text{pkv} \cdot \text{Qkotz} \cdot \text{Kn}) = 9.06 & \text{dWpv} := \text{Ppvz} \cdot \text{Kn} - \text{Wpvr} = 8.62 \\
 & \text{Wpv} := \begin{cases} \text{Ppvz} \cdot \text{Kn} & \text{if } \text{Ppvz} > 0 \\ \text{Wpvr} & \text{otherwise} \end{cases} & \text{dWpv} := \begin{cases} \text{dWpv} & \text{if } \text{Ppvz} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{dWpv} = 8.62 \\
 & \text{Wsp0} := \text{Wosn} + \text{Wrc} + \text{Wagr} + \text{Wsn} + \text{Wmk} + \text{Wref} + \text{Wtp} + \text{Wek} + \text{Wpv} + \text{Wzb} = 1498.04 \\
 & \text{Wsp} := \text{Wsp0} + \text{WgrS} = 2131.74 & \text{dWs} := \text{Ws} - \text{Wsp} = 110.73 & \text{Kws} := \text{dWs} \cdot \text{Ws}^{-1} = 0.049 \\
 & \text{Дедвейт, его параметры и составляющие} & \text{Dw} = 650 \\
 & \text{Cpsn} := 1 & \text{psn} := 0.02 & \text{pek} := 0.125 & \text{pprov} := 0.0035 & \text{ppvy} := 0.15 \\
 & \text{PgrSz} := \text{Pgrnz} + \text{Pgrsz} + \text{Pgrmz} + \text{Pgrkz} + \text{Pgrzz} + \text{Potxz} = 535 & \eta \text{PgrSi} := \text{PgrSz} \cdot \text{D}^{-1} = 0.37 \\
 & \text{PgrS} := \text{PgrSz} \cdot \text{Kgr} = 535 & \text{Ptp} := \text{Ptpz} \cdot \text{Kzap} = 24.75 & \text{Ptpz} = 99 \\
 & \text{Pek} := \text{pek} \cdot \text{Nek} = 1.13 & \text{Pprov} := \text{pprov} \cdot \text{Nek} \cdot \text{Avtz} \cdot \text{Kzap} = 0.06 & \text{Psn} := \text{Cpsn} \cdot \text{psn} \cdot \text{Ngd} = 49.2 \\
 & \text{Ppv} := 5 \text{ppvy} \cdot \text{Nek} = 6.75 & \text{Pkv} := 5 \text{pkv} \cdot \text{Qkotz} = 1.25 & \text{Ppkv} := \text{Ppv} + \text{Pkv} = 8 \\
 & \text{Ppy} := \begin{cases} \text{Ppvz} \cdot \text{Kzap} & \text{if } \text{Ppvz} > 0 \\ \text{Ppkv} & \text{otherwise} \end{cases} & \text{Ppv} = 4.25 & \text{Dw1} := \text{PgrS} + \text{Ptp} + \text{Psn} + \text{Pek} + \text{Pprov} + \text{Ppkv} = 618.13 \\
 & \text{Pzdw} := \text{Dw} - \text{Dw1} = 31.87 & \text{pzdw} := \text{Pzdw} \cdot \text{D}^{-1} = 0.02 & \text{Dw} := \text{Dw1} + \text{pzdw} \cdot \text{D} = 650 \\
 & \text{Dp, его параметры и составляющие} & \text{Dp} := \text{D} - \text{Dw} = 806 \\
 & \text{Cpk} := 1 & \text{Cpok} := 1 & \text{Cpgm} := 1 & \text{pwg} := 0.03 & \text{pkot} := 1.3 & \text{Cppr} := 1 & \text{Cpref} := 1 & \text{Cprc} := 1 \\
 & \text{pk} := 0.1 & \text{pok} := 0.0575 & \text{pagr} := 0.1 & & & \text{ppr} := 0.04 & \text{pref} := 0.03 & \text{prc} := 0.2 \\
 & \text{Pmk} := \text{pk} \cdot \text{Cpk} \cdot \text{Mp} \cdot (1.05 - 18 \text{Mp} \cdot \theta) = 304.84 & & & & & \text{Pok} := \text{pok} \cdot \text{Cpok} \cdot \text{Mp} = 176.19 \\
 & \text{pgm} := (51.2 - 1.2 \cdot \text{Ngdd} \cdot \theta) \cdot \theta = 0.05 & & & & & \text{Pgm} := \text{pgm} \cdot \text{Cpgm} \cdot \text{Ngdd} = 146.75 \\
 & \text{Pwg} := \text{pwg} \cdot \text{Nwg} = 15 & \text{Pkot} := \text{pkot} \cdot \text{Qkotz} = 0.13 & \text{Pref} := \text{pref} \cdot \text{Cpref} \cdot \text{Nref} = 15.84 \\
 & \text{Ppr} := \text{ppr} \cdot \text{Cppr} \cdot \text{Ngd} = 98.4 \\
 & \text{Prc} := \text{prc} \cdot \text{Cprc} \cdot (\text{Qobrz} + \text{Qmorz} + \text{Qkz} + \text{Qzz}) = 0 & \text{Pagr} := \text{pagr} \cdot \text{Wagr} = 20.39 & \text{Ptb} := \text{ptb} \cdot \text{D} = 0 \\
 & \text{Dp1} := \text{Pmk} + \text{Pok} + \text{Pgm} + \text{Pwg} + \text{Pkot} + \text{Pref} + \text{Ppr} + \text{Prc} + \text{Pagr} + \text{Ptb} = 777.55 \\
 & \text{Pzdp} := \text{Dp} - \text{Dp1} = 28.45 & \text{pzdp} := \text{Pzdp} \cdot \text{D}^{-1} = 0.02 & \eta \text{Dp} := \text{Dp} \cdot \text{D}^{-1} = 0.55 \\
 & \text{Заданной продукции на рейс} & \text{Pnz} := \text{Pgrmz} \cdot \text{Ktarm}^{-1} = 428 & \text{Pmz} := \text{Pgrmz} \cdot \text{Ktarm}^{-1} = 0 \\
 & \text{Pkz} := \text{Pgrkz} \cdot \text{Ktark}^{-1} = 0 & \text{Psz} := \text{Pgrsz} \cdot \text{Ktars}^{-1} = 0 & \text{Pzz} := \text{Pgrzz} \cdot \text{Ktars}^{-1} = 0 \\
 & \text{PprSz} := \text{Pnz} + \text{Psz} + \text{Pmz} + \text{Pkz} + \text{Pzz} + \text{Potxz} = 428 \\
 & \text{Среднесуточный вылов} & \text{Pul1} := \text{Ksb} \cdot \text{Ngd} \cdot \text{Kprs} = 123 & \text{U1} := \text{Pul1} \cdot \text{Sort} = 116.85 & \text{Pk1} := \text{Qkz} \\
 & \text{Разделка улова} & \text{U2} := \text{U1} - \text{Pk1} = 116.85 & \text{nSort} := 0 & \text{Qk1} := \text{Qkz} \\
 & \text{Qobr1} := \begin{cases} \text{Qobrz} & \text{if } \text{Qobrz} \leq \text{U2} \\ \text{U2} & \text{otherwise} \end{cases} & \text{Qobr1} = 0 & \text{Probr1} := \text{Qobr1} = 0 & \text{Kqoi} := \text{Qobrz} \cdot \text{U1}^{-1} = 0 \\
 & & \text{Pobr10} := \text{Probr1} \cdot \text{Kobr} = 0 & & \text{Kqmi} := \text{Qmorz} \cdot \text{U1}^{-1} = 0 \\
 & \text{Pn10} := \text{U2} - \text{Probr1} = 116.85 & \text{Otxobr1} := \text{Probr1} - \text{Pobr10} = 0 & \text{Pz10} := \text{Kz} \cdot \text{Otxobr1} = 0
 \end{aligned}$$

Окончание таблицы 4.1.2

$$\begin{aligned}
 Qz1 &:= (Pz10 \quad Qzz) & Qz1 &:= \min(Qz1) = 0 & Pz1 &:= Qz1 & Otxrc1 &:= (Otxobr1 - Pz1) \cdot Kotx = 0 \\
 \text{Заморозка улова} & & Poxl10 &:= Pobr10 + Pn10 = 116.85 & & & Pm10 &:= Poxl10 = 116.85 \\
 Qmor1 &:= \begin{cases} Qmorz & \text{if } Qmorz \leq Pm10 \\ Pm10 & \text{otherwise} \end{cases} & Qmor1 &= 0 & Pmobr1 &:= \begin{cases} Pobr10 & \text{if } Qmor1 \geq Pobr10 \\ Qmor1 & \text{otherwise} \end{cases} \\
 Psobr1 &:= Pobr10 - Pmobr1 = 0 & Pmn1 &:= Qmor1 - Pmobr1 = 0 & & & Poxl1 &:= Psobr1 + Pn1 = 116.85 \\
 Pm1 &:= Pmobr1 + Pmn1 = 0 & Pn1 &:= Pn10 - Pmn1 = 116.85 & & & WgrS &= 633.71 \\
 Ppr01 &:= Psobr1 + Pmobr1 + Pmn1 + Pk1 + Pz1 + Otxrc1 = 0 & & & & & Wk1 &:= Pk1 \cdot wpgrk \cdot Ktark \cdot Kizn = 0 \\
 Ppr1 &:= Ppr01 + Pn1 = 116.85 & U2 &= 116.85 & & & Wz1 &:= Pz1 \cdot wpgrz \cdot Ktarz \cdot Kn = 0 \\
 Wn1 &:= Pn1 \cdot wpgrm \cdot Ktarm \cdot Kizn = 173.01 & & & & & Wotx1 &:= Otxrc1 \cdot Ktaro \cdot Kn = 0 \\
 Wso1 &:= Psobr1 \cdot wpgrs \cdot Ktars \cdot Kizn = 0 & & & & & WprS1 &:= WprS01 + Wn1 = 173.01 \\
 Wm1 &:= Pm1 \cdot wpgrm \cdot Ktarm \cdot Kizn = 0 & & & & & & \\
 WprS01 &:= Wso1 + Wm1 + Wk1 + Wz1 + Wotx1 = 0 & & & & & & \\
 \text{Время на лову} & & Tlo &:= (WgrS \cdot WprS1^{-1}) \cdot Ksht = 4.03 & Tltp &:= Tlo = 4.03 & Koxl &:= Pm1 \cdot Poxl10^{-1} = 0 \\
 Ktxr &:= \begin{cases} 10 & \text{if } Koxl \geq 1 \\ (1 - Koxl)^{-1} & \text{otherwise} \end{cases} & Ktxr &= 1 & Tltp0 &= 4.87 & Tlxrnz &= 2.28 \\
 Tlf &:= \min(Tlo, Tlxrn) = 2.28 & Tl &:= Tlf \cdot Ksht^{-1} = 2.08 & & & Tlxrn &:= Ktxr \cdot Tlxrnz = 2.28 \\
 Avtr &:= Tv + Tlo = 6.16 & Tr &:= Avtr + Tsp = 8.16 & & & Kzagri &:= WprS1 \cdot Tl \cdot WgrS^{-1} = 0.57 \\
 Avti &:= Tv + Tlf = 4.42 & Tri &:= Avti + Tsp = 6.42 & & & dTl &:= Tlf \cdot Avtr^{-1} = 0.37 \\
 \text{Продукция за рейс} & & PnR0 &:= Pn1 \cdot Tl = 242.48 & PulR &:= U1 \cdot Tl = 242.48 & PulRv &:= Pul1 \cdot Tl = 255.24 \\
 Ppr0tl &:= Ppr01 \cdot Tl = 0 & Ppr1tl &:= (Ppr01 + Pn1) \cdot Tl = 242.48 & & & Tlx &:= \begin{cases} Tl + Txv & \text{if } Tx > Txv \\ Tl + Tx & \text{otherwise} \end{cases} \\
 Txv &:= \begin{cases} Tl \cdot Wn1 \cdot WprS01^{-1} & \text{if } WprS01 > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & Txv &= 0 & Tlx &= 2.08 & & \\
 PmR &:= Pm1 \cdot Tlx = 0 & & & & & & \\
 PmobrR &:= Pmobr1 \cdot Tlx = 0 & & & & & & \\
 PmnR &:= Pmn1 \cdot Tlx = 0 & PkR &:= Pk1 \cdot Tlx = 0 & OtxR &:= Otxrc1 \cdot Tlx = 0 & & \\
 PsobrR &:= Psobr1 \cdot Tlx = 0 & PzR &:= Pz1 \cdot Tlx = 0 & Kprtx &:= \frac{SumP0}{Ppr0tl} = \bullet & & \\
 SumP0 &:= PmR + PsobrR + PkR + PzR + OtxR = 0 & & & & & & \\
 Wso &:= Wso1 \cdot Tlx = 0 & Wk &:= Wk1 \cdot Tlx = 0 & Wotx &:= Wotx1 \cdot Tlx = 0 & & \\
 Wm &:= Wm1 \cdot Tlx = 0 & Wz &:= Wz1 \cdot Tlx = 0 & Wn &:= WprS1 \cdot Tl - SumW0 = 359.016 & & \\
 SumW0 &:= Wm + Wso + Wk + Wz + Wotx = 0 & & & PprR &:= SumP0 + PnR = 242.48 & & \\
 PnR &:= Wn \cdot (wpgrm \cdot Ktarm \cdot Kizn)^{-1} = 242.476 & OstPtp &:= Ptpz - PtpR = 42.77 & & & & \\
 PtpR &:= ptp1 \cdot Avti = 56.23 & & & & & & \\
 Ptpz &= 99 & Kzap &= 0.25 & \eta Ptpz &:= OstPtp \cdot Ptpz^{-1} \cdot 100 & \eta Ptpz &= 43.21 \\
 \text{ИТОГО} & & PnR &= 242.476 & PmR &= 0 & PmnR &= 0 & PmobrR &= 0 \\
 PulR &= 242.48 & PsobrR &= 0 & PkR &= 0 & PzR &= 0 & OtxR &= 0 \\
 Tr &= 8.16 & Tl &= 2.08 & Tx &= 0.72 & Avtz &= 7 & PprR &= 242.48 & Avti &= 4.42 \\
 Tlxrn &= 2.28 & Tltp &= 4.03 & Tlx &= 2.08 & Avtr &= 6.16 & & & Tr &:= Tri = 6.42 \\
 \text{Оценки стоимости исходного судна и на период его рейса:} & & & & & & & & & & & \\
 Pmo &:= Pgm + Pwg + Pref + Ppr + Prc = 275.99 & Dps &:= Dp - Pmo = 530.01 & Nss &:= Ns + Nref = 4118 & & & & & & \\
 Sk &:= Csk \cdot (CDp \cdot Dps + CNm \cdot Nss + CSo \cdot Qobrz + CSm \cdot Qmorz) = 11772.92 & & & & & & & & & & \\
 Skr &:= Sk \cdot Tr \cdot 365^{-1} = 206.99 & & & & & & & & & & \\
 \text{Стоимости продукции:} & & Smo &:= PmobrR \cdot Com = 0 & Skp &:= PkR \cdot Ck = 0 & & & & & & \\
 Snn &:= PnR \cdot Cns = 242.476 & Smn &:= PmnR \cdot Cnm = 0 & Sz &:= PzR \cdot Cz = 0 & & & & & & \\
 Sso &:= PsobrR \cdot Cos = 0 & Sotx &:= OtxR \cdot Cotx = 0 & & & & & & & & \\
 SRi &:= Kst \cdot \theta \cdot (Snn + Sso + Smo + Smn + Skp + Sz + Sotx) = 96.99 & & & & & & & & & & \\
 \text{Эксплуатационных затрат:} & & SR1r &:= \frac{SRi}{Tr} = 15.11 & SR1u &:= \frac{SRi}{Pn1R} = 0.4 & Ptp1U &:= \frac{PtpR}{Pn1R \cdot \theta} = 231.89 & & & & & \\
 CtpR &:= Ctp \cdot PtpR \cdot \theta = 33.74 & CzplR &:= Cm1 \cdot Nek \cdot Tr \cdot \theta = 5.78 & CpitR &:= Cpit \cdot Nek \cdot Tr \cdot \theta = 0.58 & & & & & & \\
 Colr &:= Col \cdot PulR \cdot \theta = 4.85 & Ctarr &:= Ctarr \cdot SRi = 0.97 & Clicr &:= Clic \cdot PulR \cdot \theta = 0.97 & & & & & & \\
 Cnalr &:= Cnal \cdot CzplR = 1.73 & Camr &:= Cam \cdot Skr = 35.19 & & & & & & & & \\
 CsRi &:= Kes \cdot (CtpR + CpitR + CzplR + Cnalr + Ctarr + Colr + Clicr + Camr) = 84.638 & & & & & & & & & & \\
 \text{Экономических показателей:} & & FrezRi &:= SRi - CsRi = 12.35 & Fkapi &:= 100 \cdot FrezRi \cdot Skr^{-1} = 5.97 & & & & & & \\
 Flr &:= FrezRi \cdot Tr^{-1} = 1.92 & FIU &:= FrezRi \cdot PulR^{-1} = 0.05 & F1er &:= FrezRi \cdot (Nek \cdot Tr)^{-1} = 0.21 & & & & & & \\
 Sebi &:= CsRi \cdot SRi^{-1} = 0.87 & & & Toki &:= 100 \cdot Fkapi^{-1} = 16.76 & & & & & &
 \end{aligned}$$

Результаты сопоставительных эксплуатационных расчетов отражены в таблице 4.1.3 и на рисунках 4.1.1-4.1.3.

Таблица 4.1.3 - Показатели эффективности исходных НРС

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Silda-skjaer	Solvaer-skjaer	Jullian3	Silva Nova	Nora-fjell	Clipper-ton	Veronica	Paula	Libas	Svanaug Elise	Hargun
F_{kapi}	-4.12	-6.76	-0.23	5.97	-3.42	-0.46	2.38	-9.44	-3.38	-6.72	-7.43
K_{zagri}	0.632	0.427	0.639	0.567	0.518	0.242	0.317	0.303	0.272	0.28	0.285

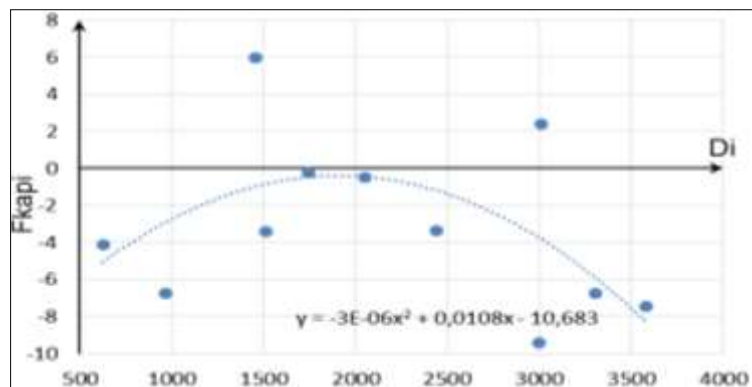


Рисунок 4.1.1 – $F_{kapi}=f(D_i)$

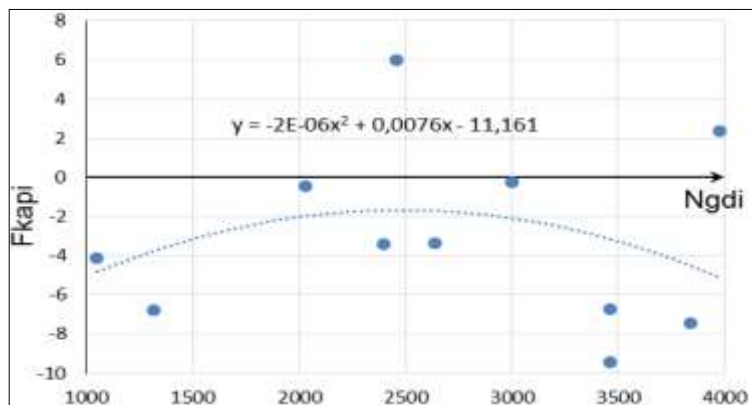


Рисунок 4.1.2 – $F_{kapi}=f(N_{gdi})$

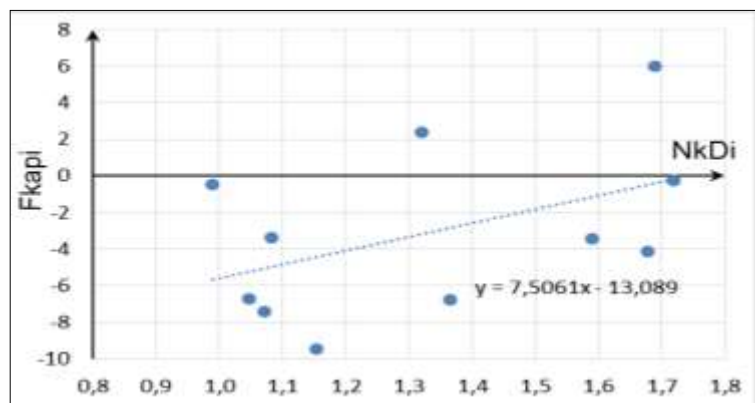


Рисунок 4.1.3 – $F_{kapi}=f(N_{kDi})$

При анализе полученных результатов отметим, что отмеченное ранее разнообразие характеристик исходных судов определило разнообразие значений их эффективности в заданных ТЭУ их эксплуатации, однако при относительно небольшом их разбросе (~15%). Из рассмотренных судов лучшим по эффективности оказалось судно под №4 (НРС Silvanova водоизмещением 1456т, см. Приложение А). Оно относительно небольшое и с высокой энерговооруженностью. Второе по эффективности (№7 таблицы) по водоизмещению в два раза больше, а среди рассмотренных судов характерно максимальными значениями N_{gdi} и η_{gri} . В целом можно отметить, что по эффективности близкие значения могут иметь суда разного водоизмещения и мощности (см. рисунки 4.1.1 и 4.1.2), а повышение F_{kapi} больше связано с ростом энерговооруженности судов η_{gdi} (см. рисунок 4.1.3).

Наибольшие потери в эффективности всех рассматриваемых судов связаны с тем, что при данных ТЭУ их эксплуатации (в первую очередь – по принятому значению $T_{xiz}=3$ сут.) они вынуждены возвращаться в порт недогруженными (см. рисунки 4.1.4-4.1.6).

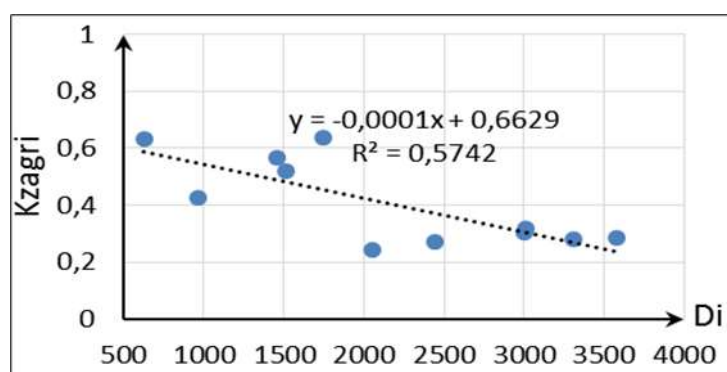


Рисунок 4.1.4 – $K_{zagri} = f(D_i)$

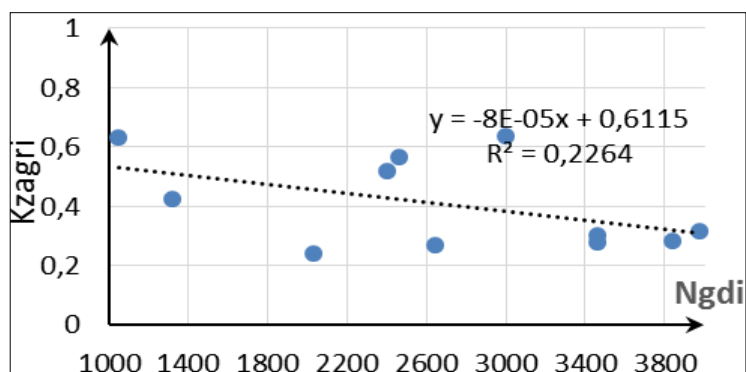


Рисунок 4.1.5 – $K_{zagri} = f(N_{gdi})$

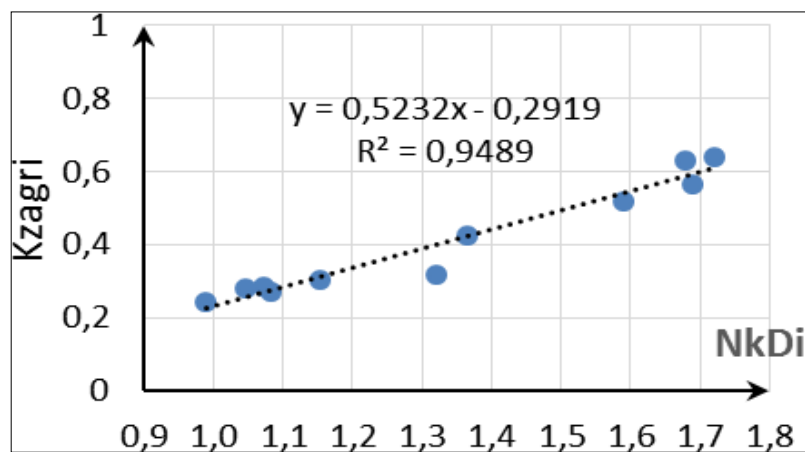


Рисунок 4.1.6– $K_{zagri} = f(N_{kDi})$

При этом значения коэффициента загрузки K_{zagr} (его суть - доля грузовых помещений судна, заполненных рыбной продукцией) снижаются с ростом водоизмещения судов (а значит, и их грузоподъемности) и несколько увеличиваются с ростом значений η_{gdi} . Для меньших судов значения K_{zagr} едва превышают 60%, а для более крупных судов они составляют всего ~ 25%. Соответственно, в данных ТЭУ эксплуатации большинство рассмотренных НРС оказываются убыточными.

4.2. Оптимизационные исследования характеристик наливных рыболовных судов

Практика эксплуатации НРС показывает, что значительно возросшая (в сравнении с подобными по водоизмещению рыболовными судами сухогрузного типа) мощность их главных двигателей наряду с использованием современных тралов и других орудий лова и при соответствующей сырьевой базе обеспечивает высокие уловы, которые за одно траление порой исчисляются сотнями тонн. Наличие на судне мощных рефрижераторных установок и охлаждаемых ею рыбных танков позволяет оперативно осваивать эти уловы при механизации их приема (с использованием рыбонасосов) и передачи рыбы на берег. При этом резко сокращаются время выполнения этих операций и повреждаемость выловленной рыбы. К недостаткам такого промысла, снижающим его экономическую эффективность, относится дешевизна поставляемой на берег охлажденной необработанной рыбы и ограниченный срок ее хранения (по данным [22] от 2-3 до 7 суток). По истечении допустимого срока хранения

рыбы и/или при недостаточных запасах топлива НРС вынуждено возвращаться в порт недогруженным, что значительно сказывается на его эффективности. Эффективность судна снижается и при неоправданном избытке запасов топлива.

Повышение эффективности рыболовных судов прежде всего связывают с необходимостью обработки улова, т.е. с выработкой более дорогой разделанной продукции, а также с использованием морозильных установок. Соответственно, в рамках задачи оптимизационного выбора характеристик НРС основными видами переработки улова приняты его разделка и заморозка. Предусматривается также возможность использования вспомогательного консервного производства. В отношении отходов обработки улова предусмотрены два варианта: их транспортировка в цистернах судна для сдачи на берег и выброс за борт. Для основной серии выполненных далее расчетов срок хранения охлажденной рыбной продукции принят равным $T_{xz} = 3$ при значении коэффициента сырьевой базы промысла $K_{sb} = 0,05$ и удаленности района промысла $R_{pr} = 250$ миль.

В качестве факторов оптимизации приняты мощность главного двигателя N_{gd} , кВт, и относительные значения производительности (т/сут.) рыбообрабатывающего (Q_{obr}) и морозильного (Q_{mor}) оборудования: $K_{qo} = Q_{obr}/U_1$ и $K_{qm} = Q_{mor}/U_1$, где U_1 – оценка среднесуточной промысловой производительности судна, т, определяемая значениями N_{gd} и K_{sb} .

В качестве критериальной характеристики выступает эффективность капиталовложений $F_{kap} = (Q_{gr} - C_{sr})/S_{kr}$, где Q_{gr} и C_{sr} – значения производительности и эксплуатационных затрат судна за рейс в их денежном исчислении (\$), а S_{kr} – его стоимость (\$), отнесенная ко времени рейса.

Выполняемые проектные расчеты по модели МоНРС имеют итерационный характер. В разработанной компьютерной программе они автоматизированы.

Оптимизация технических характеристик судна осуществлялась методами градиентов и покоординатной релаксации. Для организации градиентных

расчетов по рекомендациям подготовлена и использована сервисная программа GradZag, выполненная в редакторе MathCad и представленная на рисунке 4.2.1.

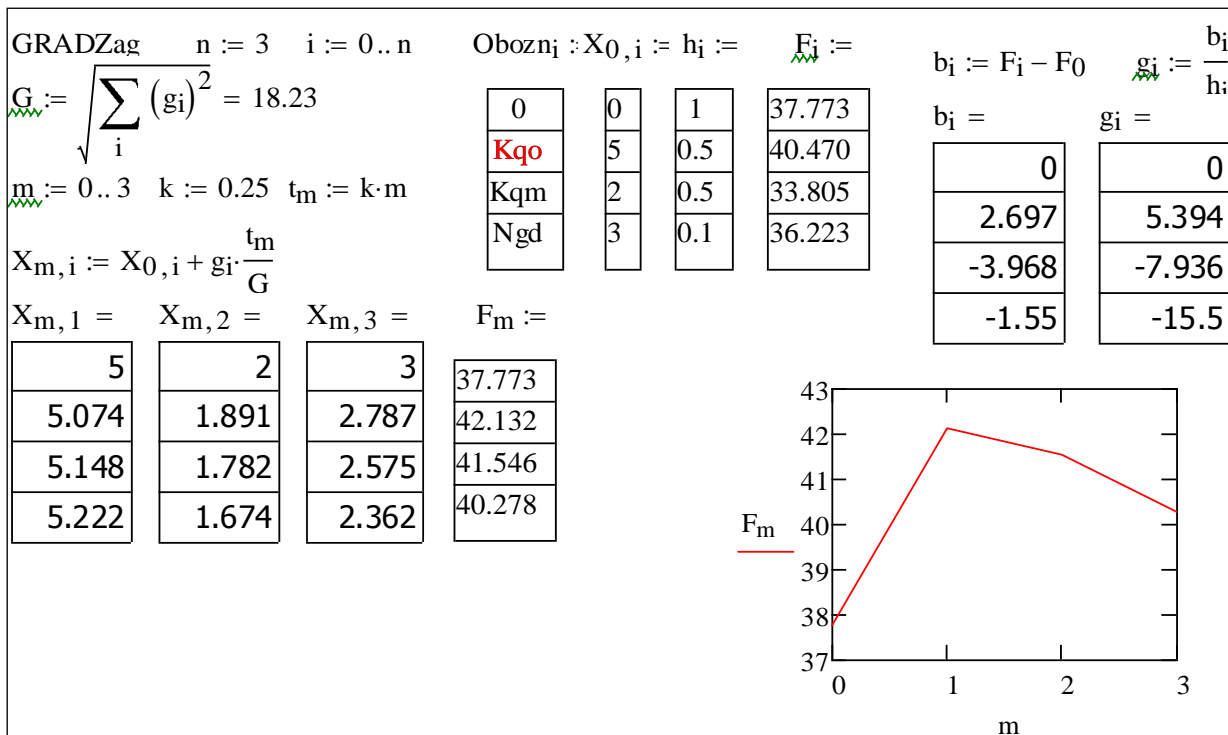


Рисунок 4.2.1 –Сервисная программа GradZag для обеспечения градиентных расчетов

В данном примере:

- $X_{0,i}$ (K_{qo} , K_{qm} , N_{gd}) и h_i – принятые исходные точки расчетов для каждого из факторов оптимизации и шаги их варьирования,
- $F_{i=0}$ – значение критериальной функции в исходной точке расчетов, и
- $F_{i \neq 0}$ – ее значения в точках, которые отличаются от исходной на величину шага для каждого из факторов оптимизации (эти значения определяются с использованием программы МоНРСг),
- g_i – значения составляющих градиента по каждому фактору оптимизации,
- G – значение модуля градиента в исходной точке,
- $X_{m,i}$ – уравнение луча, проходящего через исходную точку в направлении градиента,

- $X_{m,1}, X_{m,2}, X_{m,3}$ - значения факторов оптимизации на луче градиента,
- F_m - значения критериальной функции на луче градиента (определяются с использованием программы МоНРС).

Пример графика, приведенного на рисунке 4.2.1, показывает, что на данном луче градиента критериальная функция достигает своего максимума при $m=1$ ($F_m = 42,132\%$), т.е. при значениях $K_{qo}=5,074$ (50,74%), $K_{qm}=1,891$ (18,91%) и $N_{gd}=2,787$ (2787 кВт).

С учетом отмеченных особенностей судов, числа факторов оптимизации, а также характеристик ТЭУ, в значительной степени определяющих показатели эффективности судов (прежде всего – T_{xrz} и K_{sb}), ход расчетов и их сопоставительного анализа разделен на несколько циклов (серий расчетов). В первую очередь для заданных ТЭУ представляются и анализируются оценки показателей эффективности F_{kap} (см. Приложение Д):

- .1.судов по результатам оптимизации технологического оборудования,
- .2.судов по результатам оптимизации всех факторов, принятых к рассмотрению.
- .3.далее рассматривается влияние на величину F_{kap} сроков хранения охлажденной рыбы T_{xrz} , состояния сырьевой базы района промысла K_{sb} и избранного отношения к отходам обработки улова.

Рассмотрим последовательно результаты, полученные по циклам расчетов.

4.2.1. Оптимизация характеристик технологического оборудования

Результаты первой оптимизационной серии расчетов 11 исходных судов при тех же ТЭУ эксплуатации отражены на рисунках 4.2.2-4.2.7. Они показывают следующее.

- .1.Рыбообрабатывающие линии на судне (Q_{obr}) обеспечивают существенный рост стоимости рыбной продукции. Для заданных ТЭУ оптимальные значения ее относительной производительности K_{qo} (рисунки 4.2.2- 4.2.4) для всех судов оказались более 70%, а для большинства из них показали экономическую целесообразность обработки всего улова ($K_{qo}=100\%$).

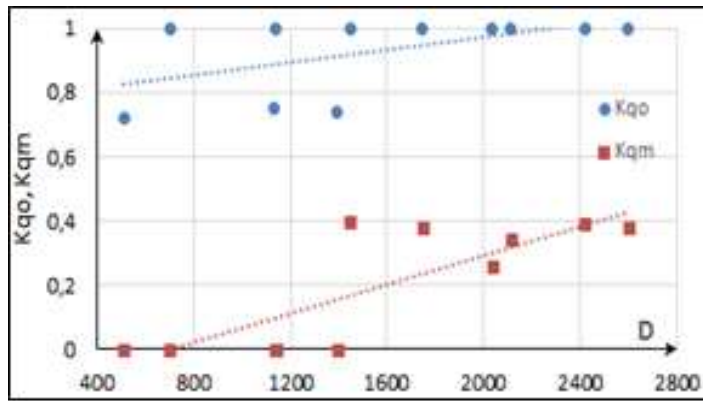


Рисунок 4.2.2 – $K_{qo}, K_{qm} = f(D)$

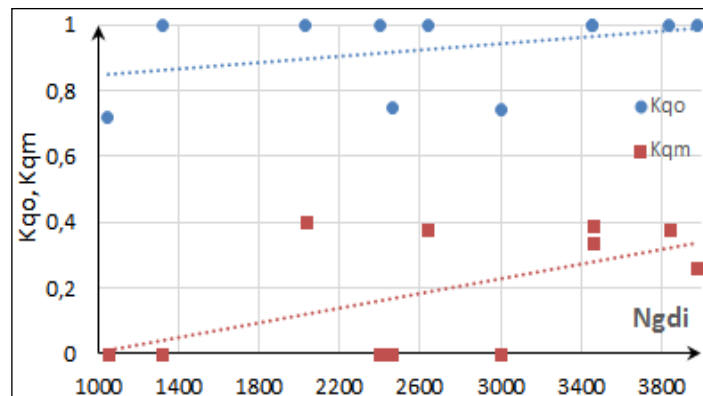


Рисунок 4.2.3– $K_{qo}, K_{qm} = f(N_{gdi})$

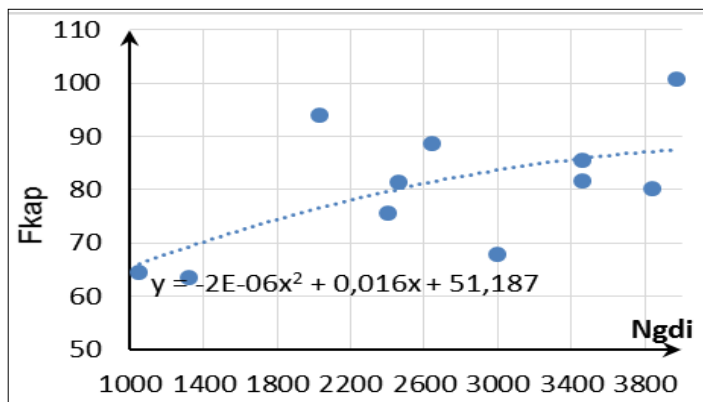


Рисунок 4.2.4 – $K_{qo}, K_{qm} = f(N_{kd})$

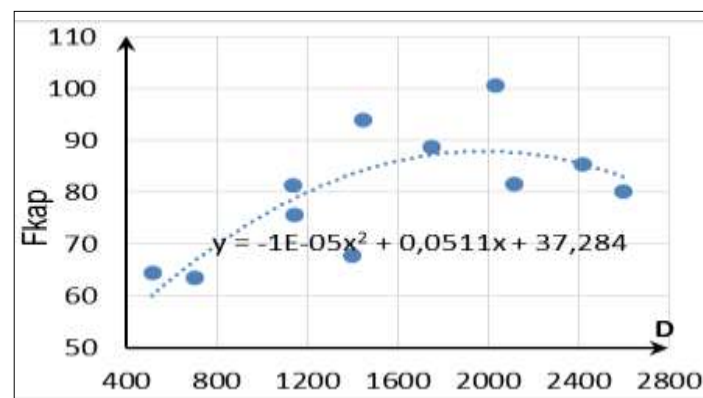


Рисунок 4.2.5– $F_{kap} = f(D)$

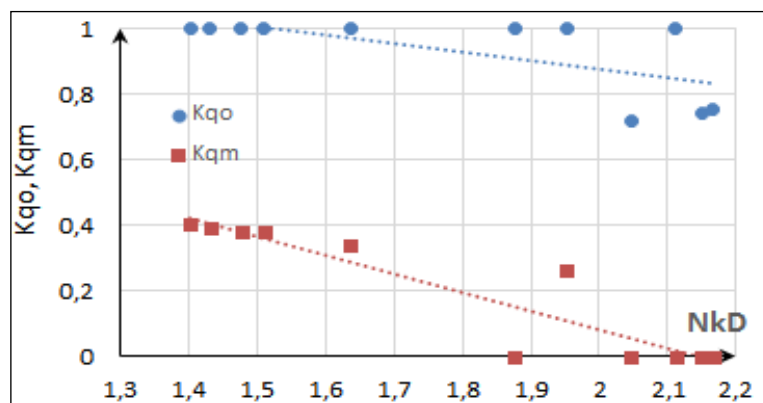


Рисунок 4.2.6– $F_{\text{кар}}=f(N_{\text{gdi}})$

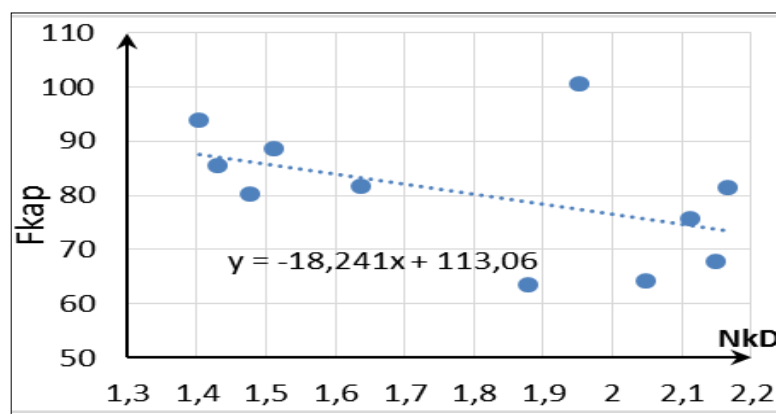


Рисунок 4.2.7– $F_{\text{кар}}=f(N_{\text{kD}})$

.2. Морозильные установки судна ($Q_{\text{мор}}$), как известно, характерны высоким энергопотреблением. При этом стоимость мороженой рыбы обычно немногим отличается от стоимости рыбы охлажденной. По этим причинам оптимальные значения относительной производительности морозильных линий K_{qm} , представленные на тех же рисунках (рисунки 4.2.2-4.2.4), значительно более скромны. При этом отметим, что использование морозильных установок на данных судах обусловлено не только стремлением сохранять часть улова в замороженном виде. Как отмечалось ранее и в соответствии с принятой схемой освоения улова, очередной улов судна откачивается в охлаждаемые рыбные танки. На заморозку же направляется продукция первых уловов, что обеспечивает судну соответствующее увеличение времени на лову без нарушения принятых сроков хранения охлажденной продукции. Благодаря этому по результатам проведенной оптимизации для всех 11 судов их загрузка обеспечена высо-

кая ($K_{zagr} > 0,8$), а на большинстве из них – полная ($K_{zagr} = 1$). Наряду с повышением стоимости продукции за счет обработки улова, это обеспечивает значимое изменение показателей эффективности всех рассмотренных судов (см. рисунки 4.2.5-4.2.7). В сравнении с результатами первого цикла расчетов (т.е. для исходных судов), эти показатели увеличились на ~80%. Их разброс в данном случае составил ~32%. Лучшими по эффективности ($F_{kap} = 100,6\%$ и $93,9\%$) оказались суда под №7 и 6 таблице, а худшими – суда с минимальным водоизмещением (№1 и 2 при $F_{kap} \sim 64\%$). Отметим также, что одинаково высокую эффективность могут иметь суда с большой разницей их размеров (например, №4 и 11 с их $F_{kap} \sim 81\%$).

4.2.2. Совмещенная оптимизация всех факторов

Совмещенная оптимизация всех факторов выделена в отдельную серию расчетов по двум причинам. Первая определена стремлением выявить экономическую значимость оснащения НРС технологическим оборудованием. Вторая причина обусловлена тесной взаимосвязью значений N_{gd} со среднесуточным выловом судна, а, следовательно, и значениями факторов K_{qo} и K_{qm} . Вследствие этого произвольный выбор исходных значений факторов оптимизации приводил к резкому росту числа последующих итераций. В данной серии расчетов исходными точками градиентного поиска оптимума приняты значения N_{gdi} исходных судов и значения K_{qo} и K_{qm} , полученные по результатам второй серии выполненных оптимизационных расчетов.

Результаты данного цикла оптимизационных расчетов (при $K_{sb} = 0,05$ и $T_{xrz} = 3$ сут.) показали, что в сравнении с результатами второго цикла расчетов значения F_{kap} возросли лишь на 1% для более крупных судов (№5-11 таблицы), а для остальных (№1-4) - на 4%. При этом оптимальные значения N_{gd} отличались от исходных по модулю до 10%, и лишь для двух крупных судов (№10, 11) они уменьшились соответственно на 28% и 25%. Изменения характеристики K_{qm} оказались незначимыми, а значения K_{qo} и K_{zagr} для всех судов стали стопроцентными.

С учетом столь слабого влияния значений N_{gd} в рассматриваемом их диапазоне на эффективность НРС, представляется практически целесообразным исключение данного фактора из оптимизационного анализа и сохранения его исходных значений. Это позволит значительно упростить и удешевить модернизацию проекта, осуществляемую по результатам оптимизации, без практического урона в эффективности эксплуатации судна.

4.2.3. О влиянии на эффективность судна ТЭУ его эксплуатации

Результаты цикла оптимизационных расчетов, выполненных для исследования влияния сроков хранения охлажденной рыбы T_{xrz} и состояния сырьевой базы района промысла K_{sb} на значения F_{kap} , показывают следующее.

1. **О значениях T_{xrz}** (см. рисунки 4.2.8-4.2.9). Их уменьшение приводит к резкому падению показателя F_{kap} для всех судов. В данных расчетах для исходных судов №3 и 4 ($K_{sb}=0,05$) промысел оказывается убыточным при $T_{xrz}<2,5-3$ суток. Для тех же оптимизированных судов при $T_{xrz}=1$ сут при наличии морозильных установок ($K_{qm}\sim 0.5$) отмечаются низкие значения F_{kap} (~5-10%). Увеличение значений T_{xrz} сопровождается резким ростом значений эффективности, которые для этих судов при $T_{xrz}>3$ суток стабилизируются и не требуют морозильных установок. Для более крупных судов (например, №6) при $T_{xrz}=1$ эффективная эксплуатация ($F_{kap}=68.8\%$) оказывается возможной при полной обработке улова ($K_{qo}=1$) и при более мощной морозильной установке ($K_{qm}=0.75$), обеспечивающей увеличение времени на лову без нарушения сроков хранения охлажденной рыбы. При увеличении T_{xrz} значения K_{qm} снижаются (в частности, $K_{qm}=0.1$ при $T_{xrz}=5$).

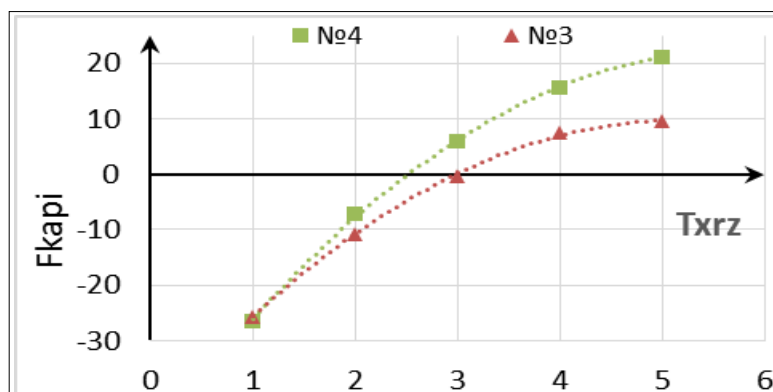


Рисунок 4.2.8— $F_{kap} = f(T_{xrz})$

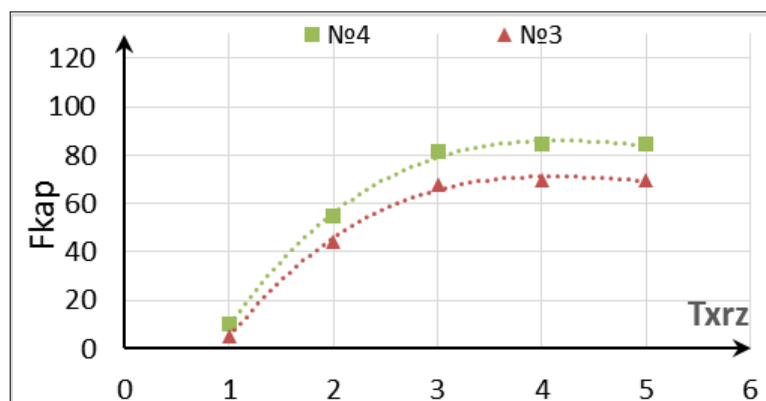


Рисунок 4.2.9– $F_{кар} = f(T_{xrz})$

2. О влиянии K_{sb} (при $T_{xrz} = 3$).

Для исходных судов значение $K_{sb}=0,05$ в данных расчетах оказалось пороговым значением, обеспечивающим их практически нулевую эффективность ($F_{кар} = -4\% \dots +8\%$). Это обусловлено в первую очередь низкой загрузкой судов по итогам рейса. Увеличение значений K_{sb} приводит к росту значений K_{zagr} и, соответственно, к росту значений $F_{кар}$. При этом характер зависимости $F_{кар}=f(K_{sb})$ оказывается линейным. При более богатой сырьевой базе ($K_{sb}=0,09$) достигаемый диапазон $F_{кар}$ составляет от 11 до 40%.

Аналогичным пороговым значением K_{sb} для оптимизированных судов оказалось значение $K_{sb}=0,01$. При этом на всех судах предполагалась полная обработка улова ($K_{qo}=1$) и использование производительных морозильных установок ($K_{qm}=0.63- 0.73$).

При $K_{sb}=0,05$ диапазон значений $F_{кар}$ увеличился (от 64 до 100%) при исключении заморозки улова на меньших судах (№1-5) и снижении значений K_{qm} на более крупных судах ($K_{qm}=0.26\dots 0.40$). При $K_{sb}=0,09$ значения $F_{кар}$ составили от 77 до 164% при их наибольших значениях у наиболее крупных судов.

Характер зависимости $F_{кар}=f(K_{sb})$ отражен на рисунке 4.2.10, полученном по результатам расчетов судов №3 и 4. Рост значений K_{sb} сопровождается значительным ростом значений $F_{кар}$, который затем (при $K_{sb}>0.07$) стабилизируется. Это объясняется тем, что относительно небольшие суда обладают ограниченными возможностями в поиске оптимального баланса значений их грузоместимости и производительности технологических линий обработки

улова. Таких возможностей больше у более крупных судов. Для них стабилизация более высоких значений $F_{\text{кар}}$ наступает при более высоких значениях K_{sb} .

.3. В заключение на рисунке 4.2.11 представлены графики эффективности тех же двух судов (№3 и 4), оптимизация каждого из которых проведена для двух вариантов отношения к отходам обработки улова. Первый – с их сохранением на борту ($K_{\text{отх}}=1$) для последующей их передачи на берег по малой заданной цене (в 10% от стоимости необработанной рыбы), второй – с удалением отходов за борт ($K_{\text{отх}}=0$). По результатам данных расчетов первый вариант лишь немногим (до 2-3%) уступает второму. Это означает, что на данных оптимизированных судах при высоких значениях коэффициентов выхода готовой продукции ($K_{\text{обр}}=0,8$) выполнение жестких экологических требований по отношению к отходам обработки улова лишь немногим скажется на эффективности эксплуатации.

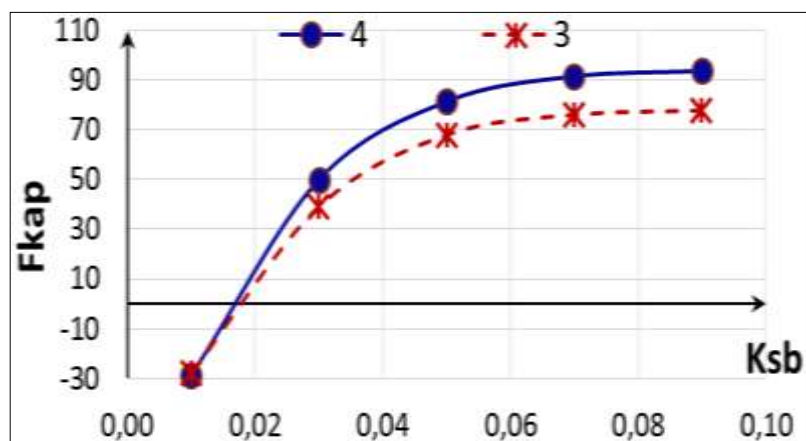


Рисунок 4.2.10– $F_{\text{кар}} = f(K_{\text{sb}})$

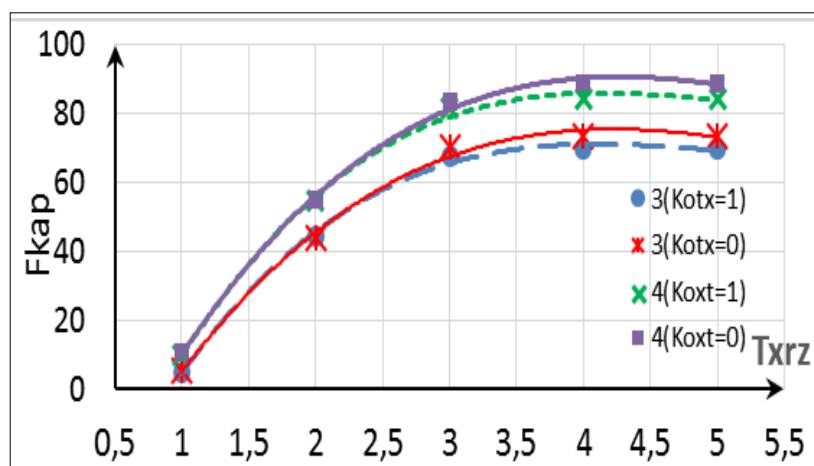


Рисунок 4.2.11– $F_{\text{кар}} = f(T_{\text{хrz}})$

4.3. Пример оптимизации характеристик судна-претендента

Результаты выполненных оптимизационных исследований показали целесообразность и экономическую состоятельность использования для условий морского рыболовства СРВ универсальных среднетоннажных НРС, на которых предусматривается сочетание преимуществ наливного способа сохранения улова и его обработки (разделки и/или заморозки) с последующим хранением продукции в осушенных наливных танках.

В рамках выполненной постановки задачи оптимизации характеристик универсальных НРС с использованием разработанной математической модели судна (МоНРС) и ее программного обеспечения, выполнен большой объем сопоставительных оптимизационных исследований. Он определил теоретически и практически значимые обобщения, характер и степень влияния на экономическую эффективность исследуемых судов целого ряда их характеристик (D , N_{gd} , η_{gd} , K_{qo} , K_{qm} , A_{vt}) и ТЭУ их эксплуатации (K_{sb} , T_{xrz}). С учетом этих особенностей определим основные факторы оптимизации – производительность технологических оборудования рыбоцеха судна (K_{qo} , K_{qm}). Кроме того, аргументированная интерпретация результатов выполненного анализа и обобщений показала работоспособность разработанного аппарата оптимизации характеристик НРС, который доступен в его освоении и удобен в пользовании, и показала его возможности. Пример оптимизации характеристик K_{qo} , K_{qm} НРС Silvanova представлен в таблице 4.3.1.

Таблице 4.3.1. Оптимизации K_{qo} , K_{qm} НРС Silvanova по модели МоНРС

ТЗ ПРОЕКТА					
$P_{grmz} := P_{grmz1}$	$P_{grsz} := P_{grsz1}$	$P_{grmz} := P_{grmz1}$	$P_{otxz} := P_{otxz1}$	$Q_{obr} := Q_{obr1}$	
$A_{vtz} := A_{vtr}$	$K_{zapz} := K_{zap1}$	$P_{grkz} := P_{grkz1}$	$P_{grzz} := P_{grzz1}$	$Q_{morz} := Q_{mor1}$	
$D := Di$	$P_{grmz} = 0$		$K_{qo} := 0.976$	$\theta := 0.001$	$\eta_{gr} := 0.85$
$N_{gd} = 2460$	$P_{grsz} = 192.48$	$Q_{obr} = 87.64$	$w_{pgrm} = 1.03$	$K_{tarm} = 1.25$	$Cns = 1$
$Co = 68600$	$P_{grmz} = 0$	$Q_{morz} = 0$	$w_{pgrs} = 2.2$	$K_{tars} = 1.1$	$Cnm = 1.2$
$Rses = 1.02$	$P_{grkz} = 0$	$Q_{kz} = 0$	$w_{pgrm} = 2$	$K_{tarm} = 1.03$	$Com = 2.2$
$Cdt = 1$	$P_{grzz} = 0$	$Q_{zz} = 0$	$w_{pgrk} = 1.8$	$K_{tark} = 1.05$	$Ck = 15$
$K_{ispt} = 1.11$	$P_{otxz} = 43.75$	$K_{obr} = 0.8$	$w_{pgrz} = 1.03$	$K_{tarz} = 1$	$Cz = 5$
$K_{ndg} = 0.56$	$dWs = 110.73$	$pekz = 10$	$Kn = 1.04$	$K_{taro} = 1$	$Cos = 2$
$K_{ref} = 0.99$	$Pzdw = 31.87$	$Kz = 0.02$	$K_{izn} = 1.15$	$Sn = 0.17$	$Cotx = 0.1$
$K_{refn} = 1$	$Pzdp = 28.45$	$Rpr = 250$	$ptb = 0$	$K_{sdl} = 1.03$	$Kst = 400$
$K_{refs} = 0.3$	$Kws = 0.049$	$Ce = 1.25$	$wzb = 0.01$	$Cv = 0.99$	$Tsp = 2$
			$l = 3.2$	$\delta = 0.66$	$Ksht = 1.1$
					$Ctp = 600$
					$Cm1 = 100$
					$Cpit = 10$
					$Cnal = 0.3$
					$Col = 20$
					$Clic = 4$
					$Cam = 0.17$
					$Ctar = 0.01$
					$Kcs = 1.01$
					$CDp = 1.6$

$PprSz := Pnz + Psz + Pmz + Pkz + Pzz + Potxz = 218.73$		
Среднесуточный вылов $Pull := Ksb \cdot Ngd \cdot Kprs = 123$		$U1 := Pull \cdot Sort = 116.85$	$Pk1 := Qkz = 0$
Разделка улова $U2 := U1 - Pk1 = 116.85$		$nSort := 0$	$Ok1 := Qkz$
$Qobr1 := \begin{cases} Qobrz & \text{if } Qobrz \leq U2 \\ U2 & \text{otherwise} \end{cases}$ $Qobr1 = 87.64$		$Probr1 := Qobr1 = 87.64$	
$Pobr10 := Probr1 - Kobr = 70.11$			
$Pn10 := U2 - Probr1 = 29.21$	$Otxobr1 := Probr1 - Pobr10 = 17.527$	$Pz10 := Kz \cdot Otxobr1 = 0.351$	
$Qz1 := (Pz10 \cdot Qzz)$	$Qz1 := \min(Qz1) = 0$	$Pz1 := Qz1$	$Otxrc1 := (Otxobr1 - Pz1) \cdot Kotx = 17.527$
Заморозка улова $Kao := Qobr1 \cdot U1^{-1} = 0.75$		$Kam := Qmorz \cdot U1^{-1} = 0$	
$Pox110 := Pobr10 + Pn10 = 99.32$		$Pm10 := Pox110 = 99.32$	
$Qmor1 := \begin{cases} Qmorz & \text{if } Qmorz \leq Pm10 \\ Pm10 & \text{otherwise} \end{cases}$		$Pmobr1 := \begin{cases} Pobr10 & \text{if } Qmor1 \geq Pobr10 \\ Qmor1 & \text{otherwise} \end{cases}$	
$Qmor1 = 0$		$Pmobr1 = 0$	
$Psobr1 := Pobr10 - Pmobr1 = 70.11$	$Pmnl := Qmor1 - Pmobr1 = 0$		
$Pm1 := Pmobr1 + Pmnl = 0$	$Pn1 := Pn10 - Pmnl = 29.21$	$Pox11 := Psobr1 + Pn1 = 99.32$	
$Ppr01 := Psobr1 + Pmobr1 + Pmnl + Pk1 + Pz1 + Otxrc1 = 87.64$			
$Pnr1 := Ppr01 + Pn1 = 116.85$		$U2 = 116.85$	
$Wn1 := Pn1 \cdot wpgrn \cdot Ktarn \cdot Kizn = 43.25$	$WgrS = 532.65$		
$Wso1 := Psobr1 \cdot wpgrs \cdot Ktars \cdot Kizn = 195.12$	$Wk1 := Pk1 \cdot wpgrk \cdot Ktark \cdot Kizn = 0$		
$Wm1 := Pm1 \cdot wpgrm \cdot Ktarm \cdot Kizn = 0$	$Wz1 := Pz1 \cdot wpgrz \cdot Ktarz \cdot Kn = 0$		
$WprS01 := Wso1 + Wm1 + Wk1 + Wz1 + Wotx1 = 213.34$		$Wotx1 := Otxrc1 \cdot Ktarz \cdot Kn = 18.229$	
		$WprS1 := WprS01 + Wn1 = 256.6$	
Время на лову			
$Tlo := (WgrS \cdot WprS1^{-1}) \cdot Ksht = 2.28$		$Tltp := Tlo = 2.28$	$Kox1 := Pm1 \cdot Pox110^{-1} = 0$
		$Tltp0 = 2.28$	$Tlxrnz = 2.28$
$Ktxr := \begin{cases} 10 & \text{if } Kox1 \geq 1 \\ (1 - Kox1)^{-1} & \text{otherwise} \end{cases}$		$Ktxr = 1$	$Tlxrn := Ktxr \cdot Tlxrnz = 2.28$
		$Tlf := \min(Tlo, Tlxrn) = 2.28$	$Tl := Tlf \cdot Ksht^{-1} = 2.08$
$Avtr := Tv + Tlo = 4.13$		$AvtrR := Tv + Tlf = 4.13$	$Kzagr := \frac{WprS1 \cdot Tl}{WgrS} = 1$
$Tr := Avtr + Tsp = 6.13$		$Tr := AvtrR + Tsp = 6.13$	
Продукция за рейс			
$dTl := Tlf \cdot Avtr^{-1} = 0.55$			
$PnR0 := Pn1 \cdot Tl = 60.62$	$PulR := U1 \cdot Tl = 242.48$	$PulRv := Pul1 \cdot Tl = 255.24$	
$Ppr01 := Ppr01 \cdot Tl = 181.86$	$Ppr11 := (Ppr01 + Pn1) \cdot Tl = 242.48$	$nPtpz := \frac{OstPtp}{Ptpz} \cdot 100 = 10.02$	
$PtpR := ptp1 \cdot Avtr = 46.17$	$OstPtp := Ptpz - PtpR = 5.14$		
$Txv := \begin{cases} Tl \cdot Wn1 \cdot WprS01^{-1} & \text{if } WprS01 > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$		$Tx = 0.72$	$Tlx := \begin{cases} Tl + Txv & \text{if } Tx > Txv \\ Tl + Tx & \text{otherwise} \end{cases}$
$Txv = 0.42$		$Tlx = 2.5$	
$PmR := Pm1 \cdot Tlx = 0$	$PkR := Pk1 \cdot Tlx = 0$		
$PmobrR := Pmobr1 \cdot Tlx = 0$	$PzR := Pz1 \cdot Tlx = 0$		
$PmnlR := Pmnl \cdot Tlx = 0$	$OtxR := Otxrc1 \cdot Tlx = 43.745$		
$PsobrR := Psobr1 \cdot Tlx = 174.98$	$SumP0 := PmR + PsobrR + PkR + PzR + OtxR = 218.73$		
$Wso := Wso1 \cdot Tlx = 486.97$	$Wk := Wk1 \cdot Tlx = 0$		
$Wm := Wm1 \cdot Tlx = 0$	$Wz := Wz1 \cdot Tlx = 0$	$Kprtx := SumP0 \cdot Ppr01^{-1} = 1.2$	
$Wotx := Wotx1 \cdot Tlx = 45.49499$	$SumW0 := Wm + Wso + Wk + Wz + Wotx = 532.47$		
$Wn := WprS1 \cdot Tl - SumW0 = 0$			
$PnR := Wn \cdot (wpgrn \cdot Ktarn \cdot Kizn)^{-1} = 0$		$PprR := SumP0 + PnR = 218.73$	
ИТОГО			
$PnR = 0$	$PsobrR = 174.98$	$PmR = 0$	$PmnlR = 0$
$PulR = 242.48$		$PkR = 0$	$PzR = 0$
$Tr = 6.13$	$Tl = 2.08$	$Tx = 0.72$	$Avtr = 4.13$
$Tlxrn = 2.28$	$Tltp = 2.28$	$Tlx = 2.5$	$Avtr = 4.13$
Оценки стоимости исходного судна и на период его рейса:			
$Pmo := Pgm + Pwg + Pref + Ppr + Prc = 264.56$	$Dps := Dp - Pmo = 530.01$	$Nss := Ns + Nref = 3255$	
$Sk := Csk \cdot (CDp \cdot Dps + CNm \cdot Nss + CSo \cdot Qobr1 + CSm \cdot Qmor1) = 10886.95$			
$Skr := Sk \cdot Tr \cdot 365^{-1} = 182.86$			

Стоимости продукции:		$S_{mo} := P_{mobrR} \cdot Com = 0$	$Skp := P_{kR} \cdot Ck = 0$		
$S_{pn} := P_{nR} \cdot Cns = 0$	$S_{mn} := P_{mnR} \cdot Cnm = 0$	$S_{otx} := OtxR \cdot Cotx = 4.375$	$Sz := PzR \cdot Cz = 0$		
$S_{so} := P_{sobrR} \cdot Cos = 349.96$					
$SR := Kst \cdot \theta \cdot (S_{mn} + S_{so} + S_{mo} + S_{mn} + Skp + Sz + S_{otx}) = 141.734$					
Эксплуатационных затрат:		$SR_{lr} := \frac{SR}{Tr} = 23.12$	$SR_{lu} := \frac{SR}{PulR} = 0.58$	$Ptp_{lu} := \frac{PtpR}{PulR \cdot \theta} = 190.43$	
$C_{tpr} := Ctp \cdot PtpR \cdot \theta = 27.7$	$C_{zplr} := Cml \cdot Nek \cdot Tr \cdot \theta = 6.59$	$C_{pitr} := Cpit \cdot Nek \cdot Tr \cdot \theta = 0.66$			
$Colr := Col \cdot PulR \cdot \theta = 4.85$	$C_{tarr} := Ctarr \cdot SR = 1.42$	$Clicr := Clic \cdot PulR \cdot \theta = 0.97$			
$C_{nalt} := Cnal \cdot Czplr = 1.98$	$Camr := Cam \cdot Skr = 31.09$				
$CsR := Kcs \cdot (C_{tpr} + C_{pitr} + C_{zplr} + C_{nalt} + C_{tarr} + Colr + Clicr + Camr) = 76.008$					
Экономических показателей:		$FrezR := SR - CsR = 65.73$	$Fkap := 100 \cdot FrezR \cdot Skr^{-1} = 35.94$		
$F_{lr} := FrezR \cdot Tr^{-1} = 10.72$	$F_{lu} := FrezR \cdot PulR^{-1} = 0.27$	$F_{ler} := FrezR \cdot (Nek \cdot Tr)^{-1} = 1$			
$Seb := CsR \cdot SR^{-1} = 0.54$	$Tok := 100 \cdot Fkap^{-1} = 2.78$				
$PnR = 0$	$PkR = 0$	$Pgrmz1 := PnR \cdot Ktarm = 0$	$Pgrkz1 := PkR \cdot Ktark = 0$		
$PsobrR = 174.98$	$PzR = 0$	$Pgrsz1 := PsobrR \cdot Ktars = 192.48$	$Pgrzz1 := PzR \cdot Ktars = 0$		
$PmR = 0$	$OtxR = 43.745$	$Pgrmz1 := PmR \cdot Ktarm = 0$	$Potxz1 := OtxR \cdot Ktaro = 43.745$		
$PprS := Pgrmz1 + Pgrsz1 + Pgrmz1 + Pgrkz1 + Pgrzz1 + Potxz1 = 236.22$					
$WprS := Pgrmz1 \cdot wprgm \cdot Kizn + Pgrsz1 \cdot wprgs \cdot Kizn + Pgrmz1 \cdot wprgm \cdot Kizn + Potxz1 \cdot Kn$					
$WprS := WprS + Pgrkz1 \cdot wprgz \cdot Kizn + Pgrzz1 \cdot wprgz \cdot Kn = 532.47$					
$WprS \cdot WgrS^{-1} = 1$	$\delta 1 := 0.0452 \cdot D^{0.3559} = 0.55$	$T1 := D \cdot Kp \cdot (\delta 1 \cdot B \cdot Lp)^{-1} = 5.57$			
Сопоставительные данные					
$Di = 1456$	$D = 1135.39$	$Pgrnzi = 535$	$Pgmz = 0$	$Uli = 116.85$	$U1 = 116.85$
$Ti = 6$	$T = 4.68$	$Pgrsz1 = 0$	$Pgrsz = 192.48$	$PulRi = 242.5$	$PulR = 242.5$
$Dpi = 806$	$Dp = 794.57$	$Pgrmzi = 0$	$Pgrmz = 0$	$Tri = 6.42$	$Tr = 6.13$
$Dwi = 650$	$Dw = 340.82$	$Pgrkzi = 0$	$Pgrkz = 0$	$Tloi = 4.03$	$Tlo = 2.28$
$Ngdi = 2460$	$Ngd = 2460$	$Pgrzzi = 0$	$Pgrzz = 0$	$Tltpi = 4.03$	$Tltp0 = 2.28$
$Nsesi = 1130$	$Nses = 738.06$	$Potxzi = 0$	$Potxz = 43.7$	$Tlxmi = 2.28$	$Tlxm = 2.28$
$Nrefi = 528$	$Nref = 56.99$	$Ptpzi = 99$	$Ptpm = 51.31$	$Tlfi = 2.28$	$Tlf = 2.28$
$Avtzi = 7$	$Avtz = 4.13$	$\eta Ptpzi = 43.21$	$\eta Ptpz = 10.02$	$Tli = 2.08$	$TI = 2.08$
$Avtri = 6.16$	$Avtr = 4.13$	$SRi = 96.99$	$SR = 141.73$	$Tlxi = 2.08$	$Tlx = 2.5$
$Kzapzi = 0.25$	$Kzapz = 0.27$	$CsRi = 84.64$	$CsR = 76.01$	$dTli = 0.37$	$dTI = 0.55$
$Kzapri = 0.2$	$Kzapr = 0.27$	$Skri = 206.99$	$Skr = 182.86$	$Kzagri = 0.57$	$Kzagr = 0.99964$
$\eta Dpi = 0.55$	$\eta Dp = 0.7$	$\eta PgrSi = 0.37$	$\eta PgrS = 0.16$	$WgrSi = 633.7$	$WgrS = 532.7$
$\eta Dwi = 0.45$	$\eta Dw = 0.3$	$Uli = 116.85$	$U1 = 116.85$	$Fkapi = 5.97$	$Fkap = 35.94$
$Dpsi = 530.01$	$Dps = 530.01$	$Ski = 11772.92$	$Sk = 10886.95$	$Kqoi = 0$	$Kqo = 0.75$
$Nssi = 4118$	$Nss = 3255.05$	$Neki = 9$	$Nek = 10.75$	$Kqmi = 0$	$Kqm = 0$
$NkDi = 1.69$	$NkD = 2.17$		$Kek = 1$	$Txrrz = 3$	$Kotx = 1$
$Qobrzi = 0$	$Qobrz = 87.64$	$Pgrnz = 0$	$Pgrmz1 = 0$	$ptpli = 12.73$	$ptpl = 11.18$
$Qobrli = 0$	$Qobr1 = 87.64$	$Pgrsz = 192.48$	$Pgrsz1 = 192.48$	$ptpoi = 14.17$	$ptpo = 12.44$
$Qmorzi = 0$	$Qmorz = 0$	$Pgrmz = 0$	$Pgrmz1 = 0$		$AvtR = 4.13$
$Qmorli = 0$	$Qmor1 = 0$	$Pgrkz = 0$	$Pgrkz1 = 0$		
$Qkzi = 0$	$Qkz = 0$	$Pgrzz = 0$	$Pgrzz1 = 0$		
$Qkli = 0$	$Qkl = 0$	$Potxz = 43.7$	$Potxz1 = 43.7$		
$Qzzi = 0$	$Qzz = 0$				
$Qzli = 0$	$Qz1 = 0$				

Одновременно выполненный цикл оптимизационных исследований характеристик НРС формирует методику оптимизационного выбора характеристик

относительно новой и развивающейся концепции универсальных среднетоннажных НРС для морского рыболовства СРВ.

Пример реализации данной методики проведен применительно к НРС Silva Nova и отражен на рисунках 4.3.1- 4.3.3.

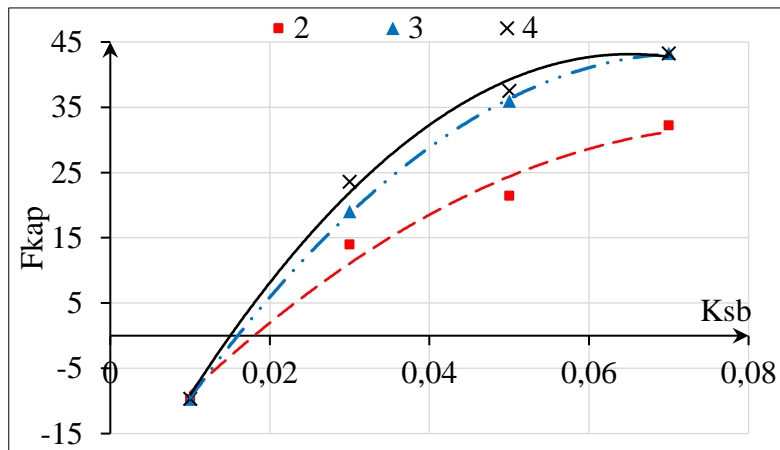


Рисунок 4.3.1- $F_{kap} = f(K_{sb})$ при $T_{xrz} = var$

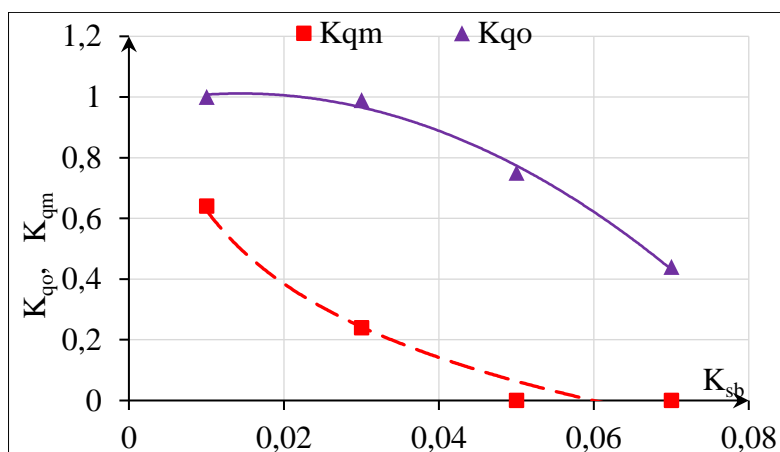


Рисунок 4.3.2- $K_{qo}, K_{qm} = f(K_{sb})$ при $T_{xrz} = 3$ сут.

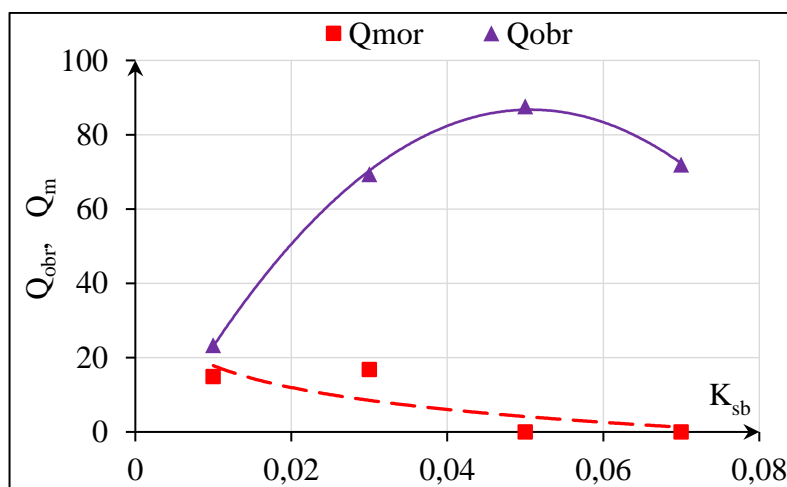


Рисунок 4.3.3- $Q_{obr}, Q_m = f(K_{sb})$ при $T_{xrz} = 3$ сут.

Представленные графики показывают, что при значениях $K_{sb} = 0,04$ и $T_{xrz} = 3$

суток достигаемое значение показателя эффективности оптимизированного судна составляет $F_{\text{кар}} \sim 0,3$ (рисунок 4.3.1) и предполагает направление на обработку $\sim 75\%$ улова при значении $K_{\text{qm}} \sim 0,15$ (рисунок 4.3.2) при абсолютных значениях производительности технологических линий судна $Q_{\text{обр}} = 82$ т. сырья в сутки и $Q_{\text{мор}} = 7$ т/сут (рисунок 4.3.3).

Основные результаты по главе 4

Выполнен значительный объем оптимизационных исследований характеристик НРС. Показан характер влияния на эффективность НРС характеристик их технологического оборудования как основных факторов их оптимизации (K_{qo} и K_{qm}) и ТЭУ их эксплуатации (K_{sb} и T_{xrz}). Представлены методика оптимизационного выбора характеристик универсальных НРС для заданных ТЭУ их эксплуатации и пример ее использования. Таким образом, цель, поставленная перед данным диссертационным исследованием по разработке методики оптимизационного выбора характеристик НРС для морского рыболовства СРВ, достигнута.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В **заключении** приведены основные результаты диссертационной работы, определяющие ее научную и практическую значимость:

1. Разработаны методологические положения для задач развития морского рыболовства Вьетнама на базе среднетоннажных НРС.

2. На базе широкого использования современных компьютерных технологий усовершенствована методика реконструирования НРС.

3. Выполнен комплексный технико-экономический анализ современных НРС и их эксплуатации, осуществленный с использованием опубликованных материалов и данных, полученных при реконструировании судов. В результате получен ряд статистических зависимостей и проектных обобщений, необходимых в рамках исследовательского проектирования НРС для обеспечения их мореходных и других эксплуатационных качеств (ходкости, остойчивости, вместимости, промысловой и экономической эффективности), а также для задач оптимизационного выбора проектных характеристик этих судов.

4. Для ТЭУ морского рыболовства Вьетнама предложена и обоснована концепция универсального НРС с технологической схемой освоения улова, совмещающей производственные возможности и достоинства наливных и рыбообрабатывающих судов.

5. Разработана математическая модель универсальных НРС (МоНРС) для осуществления их экономической экспертизы и проектирования способом постоянных размерений (габаритов) судна.

6. На базе модели МоНРС разработаны программно-методический комплекс и методика оптимизационного выбора характеристик универсальных НРС при их эксплуатации в заданных технико-экономических условиях промысла.

7. По результатам большого объема выполненных оптимизационных исследований показан характер влияния на эффективность НРС характеристик их технологического оборудования как основных факторов их оптимизации

(K_{qo} и K_{qm}) и ТЭУ их эксплуатации (K_{sb} и T_{xrz}).

8. Для условий морского рыболовства Вьетнама показана экономическая состоятельность пополнения флота универсальными среднетоннажными НРС с их характеристиками, полученными по результатам оптимизации с использованием разработанного программно-методического комплекса.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

RSW – система охлаждения циркуляционной морской воды;

ВДГ – вспомогательный дизель-генератор;

ВКП – вспомогательное консервное производство;

КВЛ - конструктивная ватерлиния;

КЭТЧ – кривые элементов теоретического чертежа;

МКО – машинно-котельное отделение;

ММРС – модель модернизации рыболовного судна;

МмРС – маломерное рыболовное судно;

ММС – математическая модель судна;

МоНРС – модель оптимизации характеристик НРС;

МПРС – модель проектирования рыболовного судна;

МЦВ – метацентрическая высота;

МЭРС – модель эксплуатации рыболовного судна;

НРС – наливное рыболовное судно;

ОДУ – общий допустимый улов;

ОР – общее расположение;

ОСН – общесудовое назначение;

РС – рыболовное судно;

СРВ – Социалистическая Республика Вьетнам;

СЭУ – судовая энергетическая установка;

ТЗ – техническое задание;

ТЭА – технико-экономического анализа;

ТЭУ – технико-экономическое условие;

ЦТ – центр тяжести;

A_{vtz} – автономность судна, сут;

B – ширина судна, м;

B_h – отношение B/H ;

B_t – отношение B/T ;

$C_{амг}$ – амортизационные отчисления за рейс, тыс. \$;

C_{lic} – лицензионные затраты за рейс, тыс. \$,
 $C_{налr}$ – налоговые расходы, тыс. \$;
 $C_{олr}$ – износ и ремонт орудий лова за рейс, тыс. \$,
 $C_{питr}$ – затраты на коллективное питание на рейс, тыс. \$;
 C_{pri} – коэффициент стоимости i -ной продукции;
 C_{sr} – эксплуатационные затраты судна за рейс, тыс. \$;
 C_{zplr} – зарплата экипажа на рейс, тыс. \$;
 $C_{тарr}$ – затраты на тару за рейс, тыс. \$;
 $C_{тоpr}$ – затраты на топливо и смазочные материалы за рейс, тыс. \$;
 D – водоизмещение судна, т;
 D_p – водоизмещение судна порожнем, т;
 D_w – дедвейт, т;
 $F_{кар}$ – эффективность капиталовложения;
 $F_{резr}$ – финансовый результат за рейс, тыс. \$;
 F – надводный борт, м;
 H – высота борта, м;
 H_b – отношение H/B ;
 H_p – приведенная высота борта, м;
 H_t – отношение H/T ;
 $K_{изn}$ – коэффициент, учитывающий потери объемов на изоляцию и набор;
 K_n – коэффициент, учитывающий потери объемов на набор;
 $K_{обр}$ – коэффициент выхода готовой продукции разделанной рыбы;
 $K_{прs}$ – коэффициент изменения промысловой системы;
 K_{qm} – относительная производительность морозильной установки;
 K_{qo} – относительная производительность рыбообрабатывающей линии;
 K_{sb} – коэффициент, учитывающий продуктивность сырьевой базы;
 $K_{sdл}$ – коэффициент седловатости;
 $K_{sdл*}$ – условный коэффициент седловатости;
 $K_{тарi}$ – коэффициент тары i -ной продукции;
 $K_{загр}$ – коэффициент загрузки судна по итогам промысла;
 $K_{заp}$ – коэффициент запаса топлива при снятии с промысла;
 l – относительная длина судна;

L_b - отношение L_p/V ;
 L_{mo} – длина машинно-котельного отделения, м;
 L_p – расчетная длина судна (между перпендикулярами), м;
 N_{ek} – численность экипажа, чел.,
 N_{gd} – мощность главных двигателей, кВт,
 N_{gdd} – сумма мощностей главных двигателей и ВДГ, кВт,
 N_{ref} – мощность рефустановки, кВт;
 N_s – суммарная мощность судна, кВт,
 N_{ses} – мощность судовой электростанции, кВт,
 N_{wg} – мощность валогенераторов, кВт,
 P_{grz} – грузоподъемность судна, т;
 P_{prz} – чистая грузоподъемность судна (масса всех видов продукции), т;
 P_{kot} – масса котельной установки, т;
 P_k – масса консервов, т;
 P_{mn} – масса продукции по мороженой неразделанной рыбе, т;
 P_{mobr} – масса продукции по мороженой разделанной рыбе, т;
 P_n – масса продукции по наливной рыбе, т;
 P_{otx} – масса отходов, т;
 P_{pvz} – масса пресной воды, т;
 P_{sorb} – масса продукции по охлажденной разделанной рыбе, т;
 P_{tpz} – масса топлива, т;
 P_{ull} – вылов за сутки лова, т;
 P_z – масса жира, т;
 Q_{gr} – рейсовая производительность судна, тыс. \$;
 Q_k – производительность ВКП, т/сут;
 Q_{mor} – производительность морозильных установок, т/сут;
 Q_{obr} – производительность рыбообрабатывающей линии, т/сут;
 Q_{obr} – производительность рыбообрабатывающего оборудования, т/сут;
 Q_{rmu} – производительность рыбомучной установки, т/сут;
 Q_z – производительность жиропроизводства, т/сут;
 S_{kr} – строительная стоимость судна за рейс, тыс. \$;
 S_n – коэффициент развития надстройки;

S_{prir} – стоимость i -ной продукции за рейс, $S_{\text{prir}} = P_{\text{pri}} \cdot C_{\text{pri}}$, тыс. \$;
 T – осадка судна, м;
 T_1 – фактическое время на лову, сут;
 T_{igr} – время лова по грузоподъемности судна, сут;
 T_{ltp} – время лова по запасам топлива, сут;
 T_{lxr} – время лова по срокам хранения охлажденной рыбы, сут;
 T_{mz} – время морского запаса, сут;
 T_{ok} – срок окупаемости, лет;
 T_r – время рейса, сут;
 T_{sp} – время стоянки судна в порту, сут;
 T_x – время перехода из порта на промысел (или обратно), сут;
 T_{xrz} – принятый срок хранения рыбы, сут;
 v_s – скорость судна, уз;
 v_{ss} – скорость судна на переходах, уз;
 V – объемное водоизмещение, м³;
 W_{agr} – объем агрегатных помещений, м³;
 W_{bl} – объем жидкого балласта, м³;
 W_{ek} – объем жилых помещений, м³;
 W_{grz} – грузместимость судна, м³;
 W_k – объем основного корпуса судна, м³;
 W_{mo} – объем машинно-котельного отделения, м³;
 W_{osn} – объем помещения общего судового назначения, м³;
 w_{gri} – погрузочная кубатура i -ной продукции, м³/т;
 W_{pvz} – объем цистерн пресной и котловой воды, м³;
 W_{ref} – объем помещения рефустановки, м³;
 W_s – фактическая вместимость судна, м³;
 W_{sn} – объем для судового снабжения, м³;
 W_{sp} – потребная вместимость судна, м³;
 W_{tpz} – объем цистерн топлива и масла, м³;
 P_{agr} – масса агрегатных оборудований, т;
 P_{ek} – масса экипажа, т;
 P_{gm} – масса главного механизма СЭУ, т;
 P_{mk} – масса корпуса металлического, т;

P_{mo} – масса СЭУ, т;
 P_{ok} – масса оборудования корпуса, т;
 P_{pr} – масса промыслового оборудования, т;
 P_{prov} – масса провизия, т;
 P_{pu} – масса подруливающих устройств, т;
 P_{rc} – масса оборудования рыбцепа, т;
 P_{ref} – масса рефрижераторной установки, т;
 P_{sn} – масса судового снабжения, т;
 P_{tb} – масса твердого балласта на судне, т;
 P_{wg} – масса валогенератора, т;
 η_{gr} – коэффициент утилизации по грузоподъемности;
 η_{Dw} – коэффициент утилизации по дедвейту;
 η_{gd} – коэффициент энерговооруженности;
 h – метацентрическая высота судна, м;
 h_B – относительная метацентрическая высота судна;
 z_g – аппликата центра тяжести судна, м;
 ζ – относительная аппликата центра тяжести судна;
 α – коэффициент полноты конструктивной ватерлинии;
 β – коэффициент полноты мидель-шпангоута;
 δ – коэффициент общей полноты;
 δ_k – коэффициент полноты корпуса судна на уровне верхней палубы;
 χ – коэффициент вертикальной полноты;
 φ – коэффициент продольной полноты;
 δ_v – коэффициент вариации;
 \bar{y} – среднее значение;
 σ – среднее квадратичное отклонение;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/ Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский - М.: Наука, 1976. –280 с.
2. Аполлинариев В.И. Оптимизация характеристик промыслового судна на базе имитационного моделирования / В. И. Аполлинариев// «Судостроение», 1990, №3, с.12-14.
3. Аполлинариева И.В. Оптимизация характеристик технологического комплекса при модернизации траулера/ И.В. Аполлинариева //Рыбное хозяйство, 1988, №2, с.78-79.
4. Аракельян Г.В. Большие и средние траулеры. Современное состояние, тенденции развития и методы проектирования/ Г.В. Аракельян, М.С.Труб. – Л.: ЦНИИ «Румб» 1980. -206с.
5. Аракельян Г.В. Важнейшие вопросы проектирования новых типов специализированных судов промыслового флота/ Г.В. Аракельян // «Промысловый флот и промышленное рыболовство», т.1, –Л.: Судостроение, 1986, с.188-194.
6. Астахов В.Е., Горобец В.С. Техничко-экономические обоснования проектирования промысловых судов/ В.Е. Астахов, В.С. Горобец. – Л.: Судостроение, 1982. - 248 с.
7. Ашик В.В. Проектирование судов: Учебник/ В.В. Ашик. – Л.: Судостроение,1985. - 320с.
8. Безуглова М. Б. Модели оптимизации проектных характеристик промыслового судна по экономическим критериям: дисс. канд. техн. наук: 05.08.03. -ДВГТУ, Владивосток, 2007.- 183 с.
9. Благовещенский С.Н. Справочник по статике и динамике корабля. Статика корабля. Том 1/ С.Н. Благовещенский, А.Н. Холодилин. – Л.: Судостроение, 1976, 312с.
10. Борисов Р. В. Статика корабля: Учебное пособие / Р. В. Борисов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Судостроение, 2005. –256 с.

11. Бронников А.В. Проектирование судов. Учебник/ А.В. Бронников. –Л.: Судостроение, 1991. -320с.
12. Бубнов И.Г. Об одном методе определения главных размеров проектируемого судна/ И.Г. Бубнов // СПб., Ежегодник Союза морских инженеров, 1916, т.1, с.243-256.
13. Вашедченко А.Н. Автоматизированное проектирование судов/ А.Н. Вашедченко. – Л.: Судостроение, 1985. - 164 с.
14. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные. Регистр СССР. Ленинград: Транспорт, 1974. – 359 с.
15. Во Ван Чак. Исследование ходкости Вьетнамских рыболовных судов для Тонкинского залива: дисс. канд.техн.наук: 05.08.03 – КТИРПиХ, Калининград, 1968. –164с.
16. Воеводин Н.Ф. Техничко-экономическое обоснование выбора траулеров оптимального типа // «Рыбное хозяйство», 1951, №1, с.24-31.
17. Войлошников М.В. Морские ресурсы и техника: эффективность, стоимость, оптимальность/ М.В. Войлошников. –Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2002, -587с.
18. Воскобойников Ю.Е. Эконометрика в Excel: -Учебное пособие, / Ю. Е. Воскобойников. – Новосибирск: НГАСУ Новосибирск, 2005. - 215с.
19. Гайкович А.И. Основы теории проектирования сложных технических систем/ А.И. Гайкович. – СПб.: МОРИНТЕХ, 2001. - 432 с.
20. Гайкович А.И. Применение современных математических методов в проектировании судов. Учебное пособие/ А.И. Гайкович. - Л.: Изд. ЛКИ, 1982. –89 с.
21. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2-х томах. Том 2/ А.И. Гайкович. – СПб.: Моринтех, 2014. –819 с.
22. ГОСТ 814-96. Рыба охлажденная. Технические условия. -М.: Изд-во стандартов, 1996.-13с.
23. Дятченко С.В. Определение основных элементов и характеристик средних рыболовных траулеров на начальных этапах проектирования/ С. В.

Дятченко, Н. Х. Лыонг // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология, № 1, 2009, с. 38–43.

24. Захаров И.Г. Теория проектирования надводных кораблей/ И.Г. Захаров, С.И. Постонен, В.И. Ромньков. –СПб, ВМА, 1997. -678 с.

25. Зиланов В.К. Рыбное хозяйство Норвегии/ В.К. Зиланов, В.М. Борисов, Г.И. Лука. –М.: Издательство ВНИРО, 2017. –296 с.

26. Зыонг В.Т. Вопросы методологии оптимизационного проектирования наливных рыболовных судов для морского рыболовства СРВ/ В.Т. Зыонг, В.П. Иванов // Материалы VI Международного Балтийского морского форума (Калининград 3-6 сентября 2018г.); -Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018, Т.2, с. 136-148.

27. Зыонг В. Т. Исследование характеристик вместимости современных среднетоннажных рыболовных судов наливного типа/ В. Т. Зыонг // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 1, с. 7–14.

28. Зыонг В.Т. К анализу влияния характеристик среднетоннажных наливных рыболовных судов на их эффективность/ В.Т. Зыонг, В.П. Иванов // Морские интеллектуальные технологии, 2019, №1(43), т.3, с. 33-37.

29. Зыонг В.Т. Исследование характеристик остойчивости современных среднетоннажных рыболовных судов наливного типа/ В.Т. Зыонг // Известия Калининградского государственного технического университета, 2019, № 54, с. 178-186.

30. Зыонг В.Т. Математическая модель и результаты оптимизационных исследований характеристик наливных рыболовных судов способом постоянных размерений /В.Т. Зыонг, В.П. Иванов// Известия КГТУ, 2020, №57, с. 155-166.

31. Зыонг В.Т. Об использовании среднетоннажных наливных рыболовных судов для морского рыболовства СРВ/ В.Т. Зыонг, В.П. Иванов // Морские интеллектуальные технологии, 2018, №3(41), т.1, с. 104-110.

32. 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.

33. Иванов В.П. Математическое моделирование эксплуатации современного рыболовного судна при освоении его улова. / В.П. Иванов, С.Д. Дудин, С.Г. Курдюков // Морские интеллектуальные технологии, 2016, №3(33), т.2, с. 62-66.

34. Иванов В.П. О реконструировании параметров проектирования современных рыболовных судов наливного типа. / В.П. Иванов, С.Д. Дудин, С.Г. Курдюков // Морские интеллектуальные технологии, 2016, № 3(33), с. 18-25.

35. Иванов В.П. О формировании методики технико-экономического обоснования характеристик рыболовного судна. /В.П. Иванов, В.Т. Зыонг// Материалы VII Международной научной конференции «Балтийский морской форум». -Калининград: Изд-во БГАРФ -, 2019, Т.2, с. 99-101.

36. Иванов В.П. Оптимизационное проектирование рыболовных судов: учебное пособие: /В.П. Иванов. -Калининград: Изд- во КГТУ, 2005, 191с.

37. Иванов В.П. Разработка методологии оптимизационного проектирования рыболовных судов и рационального использования их производственного потенциала: автореф. дис. ...док.техн.наук: 05.08.03, СПб, 2007, 40с.

38. Иванов В.П. Техничко-экономические основы создания рыболовных судов: учебник: /В.П. Иванов. -Калининград: Изд- во БГАРФ, 2010. –275с.

39. Инструкция по классификации судов флота рыбного хозяйства/ Ги-прорыбфлот, СПб, 1995. -34с.

40. Информационно-аналитический обзор «Средние рыболовные суда зарубежной постройки (по источникам информации 2004 г.). - СПб.: Ги-прорыб-флот. 2005. – 102с.

41. Каменский Е.В., Терентьев Г.Б. Траулеры и сейнеры/ Е.В. Каменский, Г.Б. Терентьев. –Л.: Судостроение, 1978. -216 с.

42. Коршунов Л.П. Энергетические установки промысловых судов/ Л.П. Коршунов. –Л: Судостроение, 1991. - 360 с.

43. Коршунов, Л. П. Структурные схемы энергетических установок промысловых судов / Л.П. Коршунов. – Калининград: Кн. изд-во, 1995. –199с.
44. Краев В.И. Экономические обоснования при проектировании морских судов/ В.И. Краев. – Л.: Судостроение, 1981. –280 с.
45. Лыонг Н. Х. Проектное обоснование характеристик и элементов средних рыболовных траулеров для Вьетнама с обеспечением норм вибрации. автореф. дис. ...канд.техн.наук: 05.08.03, 05.08.01, Н. Новгород, 2010. – 24 с.
46. Май К. Ч. Проектное обоснование характеристик и элементов маломерных рыболовных судов Вьетнама с позиции обеспечения мореходных качеств: Дисс...канд.техн.наук: 05.08.03, СПб, 2010. –232с.
47. Май К.Ч. Проектное обоснование характеристик и элементов маломерных рыболовных судов Вьетнама с позиции обеспечения мореходных качеств: автореф. дис. ...канд.техн.наук: 05.08.03, СПб, 2010. – 24с.
48. Май К.Ч. Регрессионные формулы для вычисления критических возвышений центра тяжести маломерных рыболовных судов Вьетнама/ К.Ч Май, Ю.Л. Маков //Морской вестник, 2010, №2(34), с. 85-88.
49. Маков Ю.Л. Остойчивость. Что это такое? Диалоги с капитаном/ Ю.Л. Маков. – СПб.: Судостроение, 2005. - 320с.
50. 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.
51. Моисеева М. Э. Оценка совместимости требований к остойчивости, непотопляемости и бортовой качке судов [Текст] / М. Э. Моисеева. - Ленинград : Судостроение, 1976. - 71 с.
52. Нго Д.Т. Методика проектирования и технико-экономическое обоснование характеристик наливных рыболовных судов для удаленных районов прибрежного рыболовства СРВ: дисс...канд.техн.наук: 05.08.03, СПб, 2013. – 181с.
53. Нго Д.Т. О проработке и развитии концепции рыболовного судна для

удаленных районов прибрежного рыболовства Вьетнама / Нго Дык Тханг, Нгуен Чунг Ань// Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология, Изд. АГТУ, 2013. №1 (апрель)– с.28-37.

54. Нгуен В.Х. Методика проектирования малых деревянных рыболовных судов для СРВ. автореф. дис. ...канд.техн.наук: 05.08.03, Н.Новгород, 2010. – 24 с.

55. Нгуен К.В. Оптимизация основных характеристик траулеров для СРВ: дисс. .канд. техн. наук: 05.08.03-ЛКИ, Ленинград, 1979. –185с.

56. Нгуен К.М. Приближенные способы в задачах оценки и нормирования остойчивости малых рыболовных судов: дисс. .канд. техн. наук: 05.08.03. – КТИРПиХ, Калининград, 1984.– 185с.

57. Нгуен Т.З. Циркуляция вод Южно-Китайского моря в зимний и летний сезоны: дисс... канд.техн.наук. — Владивосток, ТОЙ ДВО РАН. 1990.– 177с.

58. Нечаев Ю.И. Моделирование остойчивости на волнении. Современные тенденции/ Ю.И. Нечаев. - Л.: Судостроение, 1989. – 240с.

59. Ногид Л.М. Проектирование морских судов. Часть первая. Методика определения элементов проектируемого судна/ Л.М. Ногид. – Л.: Судостроение, 1976. – 208 с.

60. ОСТ5.0169-74. Методика выполнения на ЭВМ комплекса расчетов для определения элементов рыболовных судов, удовлетворяющих требованиям задания на проектирование.

61. Пашин В.М. Оптимизация судов/ В.М. Пашин. – Л.: Судостроение, 1983. - 296 с.

62. Поздюнин В.Л. Теория проектирования судов/ В.Л. Поздюнин./ Л., М., ЦНТИ, 1935.

63. Положение о классификации судов рыбопромыслового флота. Л.: Ги-прорыбфлот, 1983. – 24с.

64. Правила классификации и постройки малых морских рыболовных судов/ Морской Регистр судоходства Российской Федерации. - СПб, 2005.
65. Промысел массовых объектов лова с приемом, хранением и перевозкой рыбы наливом: Отчет о НИР ПКЦ “Севгипрорыбфлот” ОАО “Севрыб”, Мурманск, 2002. -37с.
66. Раков А.И. Оптимизация основных характеристик и элементов промысловых судов/ А.И. Раков. –Л.: Судостроение, 1978. -232с.
67. Раков А.И. Особенности проектирования промысловых судов/ А.И. Раков. –Л.: Судостроение, 1966. -144с.
68. Раков А.И. Проектирование промысловых судов/ А.И. Раков, Н.Б. Севастьянов. -Л.: Судостроение, 1981. -376с.
69. Роскор судостроительный завод. Концептуальные проекты перспективных рыбопромысловых судов, предлагаемых к проектированию и строительству [Текст] / ООО "РОСКОР судостроительный завод", ЗАО "Морская инженерная компания", ЗАО "Рыбсудпром" ; [сост. Ю. Рыбалкин]. - Владивосток, 2010.–16с.
70. Севастьянов Н.Б. Остойчивость промысловых судов/ Н.Б. Севастьянов. Л.: Судостроение, 1970.-200с.
71. Тристанов Б.А. К вопросу определения веса металлического корпуса при проектировании промыслового судна./ Б.А. Тристанов //Сб. трудов КТИРПХ «Вопросы проектирования промысловых судов», вып. LIV, Калининград, 1973, с.47-54
72. Трущелев С.А. Решение задач описательной статистики средствами пакета анализа Microsoft Excel/ С.А. Трущелёв // Российский психиатрический журнал, № 2, 2013. с38-42.
73. Флот рыбной промышленности. Справочник типовых судов. Дополнение №1 к третьему изданию/ - СПб.: Гипрорыбфлот, 1997. -86с.
74. Флот рыбной промышленности. Справочник типовых судов/ - М.: Транспорт,1990. -384с.
75. Худяков Л.Ю. Исследовательское проектирование кораблей/ Л.Ю.

Худяков -Л.: Судостроение, 1980, -240с.

76. Царев Б.А. Оптимизационное проектирование скоростных судов: Учеб. пособие / Б.А. Царев. -Л.: Изд. ЛКИ, 1988. -102с.

77. Шауб П.А. Проблемные вопросы современного проектирования судов./ П.А. Шауб // Судостроение, 1991, № 10, с. 12-13.

78. Ярисов В.В. Особенности эксплуатации малотоннажных судов на попутном волнении в условиях заливания палубы в свете обеспечения безопасности мореплавания: Учебное пособие/ В.В. Ярисов. -СПб, Судостроение, 2003. –48с.

79. О рядах политики для развития морского рыболовства: Постановление Правительства СРВ от 07.07.2014 № 67/2014/НД-СР (на вьетнамском языке).

80. Об утверждении генерального плана развития рыболовства до 2020г., видения 2030г: Решение Премьера Министра Правительства СРВ от 16.08.2013 № 1445/ҚД-ТТг (на вьетнамском языке).

81. Правила классификации и постройки морских судов длиной от 20м до 90м /Вьетнамский Морской Регистр судоходства. Ханой, 2010 (на вьетнамском языке).

82. Apostolos Papanikolaou. Ship Design-Methodologies of Preliminary Design/ Apostolos Papanikolaou. - Springer Science, 2014, 635 p.

83. D.G.M. Watson. Practical Ship Design, Volume 1/ D.G.M. Watson. - Elsevier 1998, 531 p.

84. International Code on Intact Stability. International Maritime Organization (IMO), 2008, 93p.

85. Rules for classification of ships. Part 5, chapter 6. Fishing vessels, DNV GL AS, 2016, 26 p.

86. The 2012 Annual Economic Report on the European Fishing Fleet (STECF-12-10). Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF), 2012, 385p.

87. Vietnam Fisheries and Aquaculture Sector Study. Final Report. Ministry of

Fisheries and The World Bank, 2005, 141 p.

88. Volker Bertram. Ship Design for Efficiency and Economy/ Volker Bertram, H. Schneekluth. - Butterworth-Heinemann, 1998, 224 p.

89. Bui Dinh Chung. Nguồn lợi cá biển - cơ sở phát triển của nghề cá biển Việt Nam// Tuyển tập các công trình nghiên cứu Nghề cá biển Tập II (Буй Динь Чунг. Морские рыбные ресурсы - основа развития вьетнамского морского рыболовства // Сборник трудов по исследованию морского рыболовства, Том II), 2001, с. 199-210. (на вьетнамском языке)

90. Fishing vessels [Электронный ресурс] // <http://www.simek.no/index.php/ships/fishing> (Дата обращения 10.04. 2017). (На английском языке).

91. New buildings after 1945. [Электронный ресурс]// <http://www.eidsvik.no/eng/sider/Newbuilding> (Дата обращения 30.03. 2017). (На английском языке).

92. Projects of Trawlers [Электронный ресурс]// <http://www.skipasyn.is/projects> (Дата обращения 10.02. 2017). (На английском языке).

93. Purse seiners/pelagic trawlers - ships for sale [Электронный ресурс]// <http://www.atlanticship.dk/en/Ships-for-sale/fishing-vessels/purse-seiners-pelagic-trawlers?page=3> (Дата обращения 10.03. 2017). (На английском языке).

94. RSW system – Refrigerated Sea Water [Электронный ресурс]// <https://www.teknotherm.no/wp-content/uploads/2017/05/RSW-system.pdf> (Дата обращения 23.02. 2018). (На английском языке)

95. Total list of vessels [Электронный ресурс] // <https://www.karstensens.dk/newbuildings/total-list-of-vessels/total-list-of-vessels.aspx> (Дата обращения 15.06. 2017). (На английском языке)

96. Vessel register for DNV GL [Электронный ресурс]// <http://vesselregister.dnvgl.com/vesselregister/vesselregister.html> (Дата обращения 30.04. 2017). (На английском языке).

97. Развитие рыбной промышленности – передовой сектор морской экономики [Электронный ресурс]// URL: <http://www.vusta.vn/vi/news/Thong-tin-Su-kien-Thanh-tuu-KH-CN/Phat-trien-kinh-te-thuy-san-mui-nhon-cua-kinh-te>

bien-Viet-Nam-36188.html (Дата обращения 23.09. 2018). (На вьетнамском языке).

98. Суммарный объем вылова морских рыб (генеральная служба статистики) [Электронный ресурс]// <https://www.gso.gov.vn/default.aspx?tabid=717> (Дата обращения 23.09. 2018). (На вьетнамском языке).

99. Южно-Китайское море [Электронный ресурс]// http://proznania.ru/?page_id=2397 (Дата обращения 30.09. 2018).

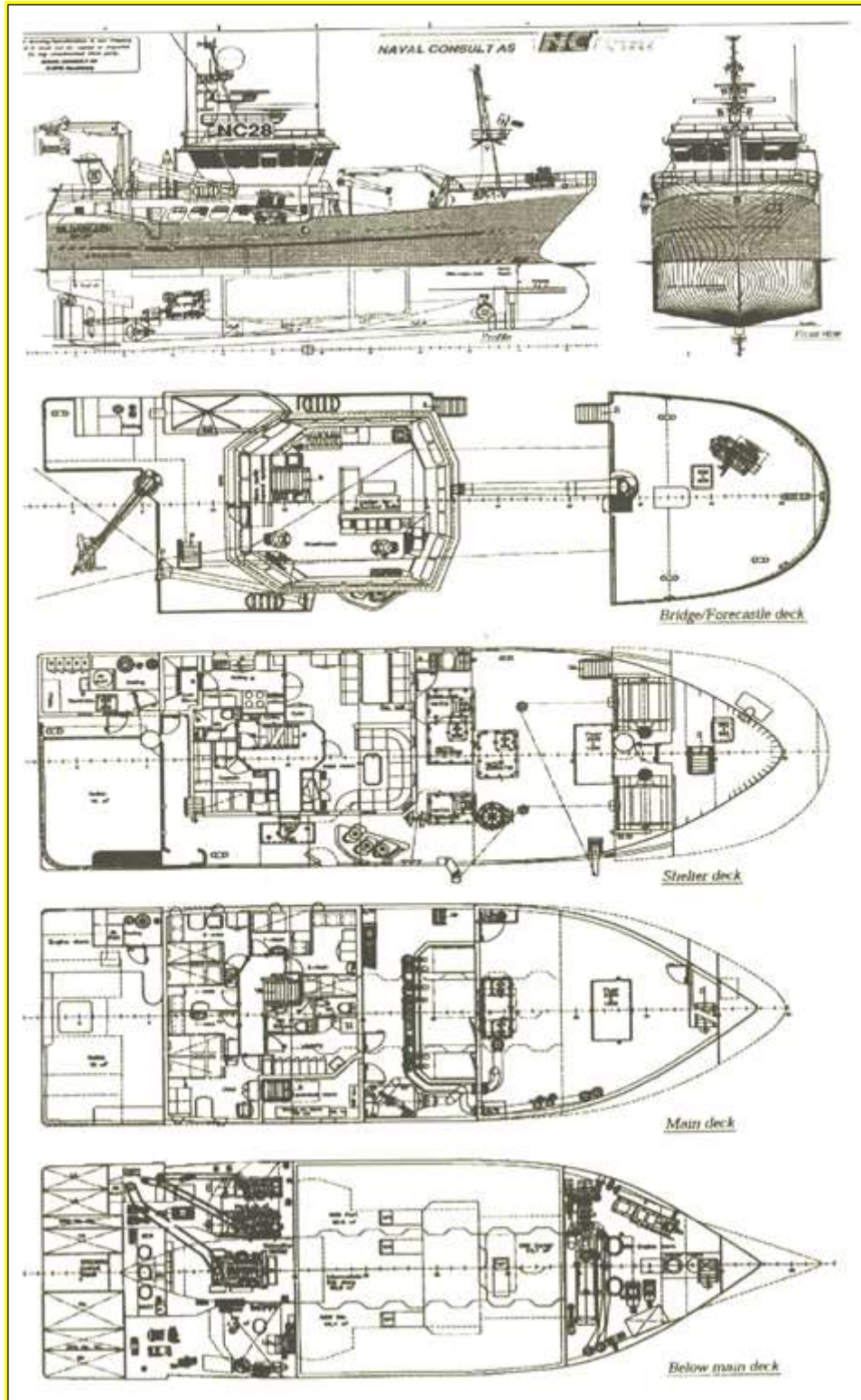
Приложение А

Характеристики наливных рыболовных судов

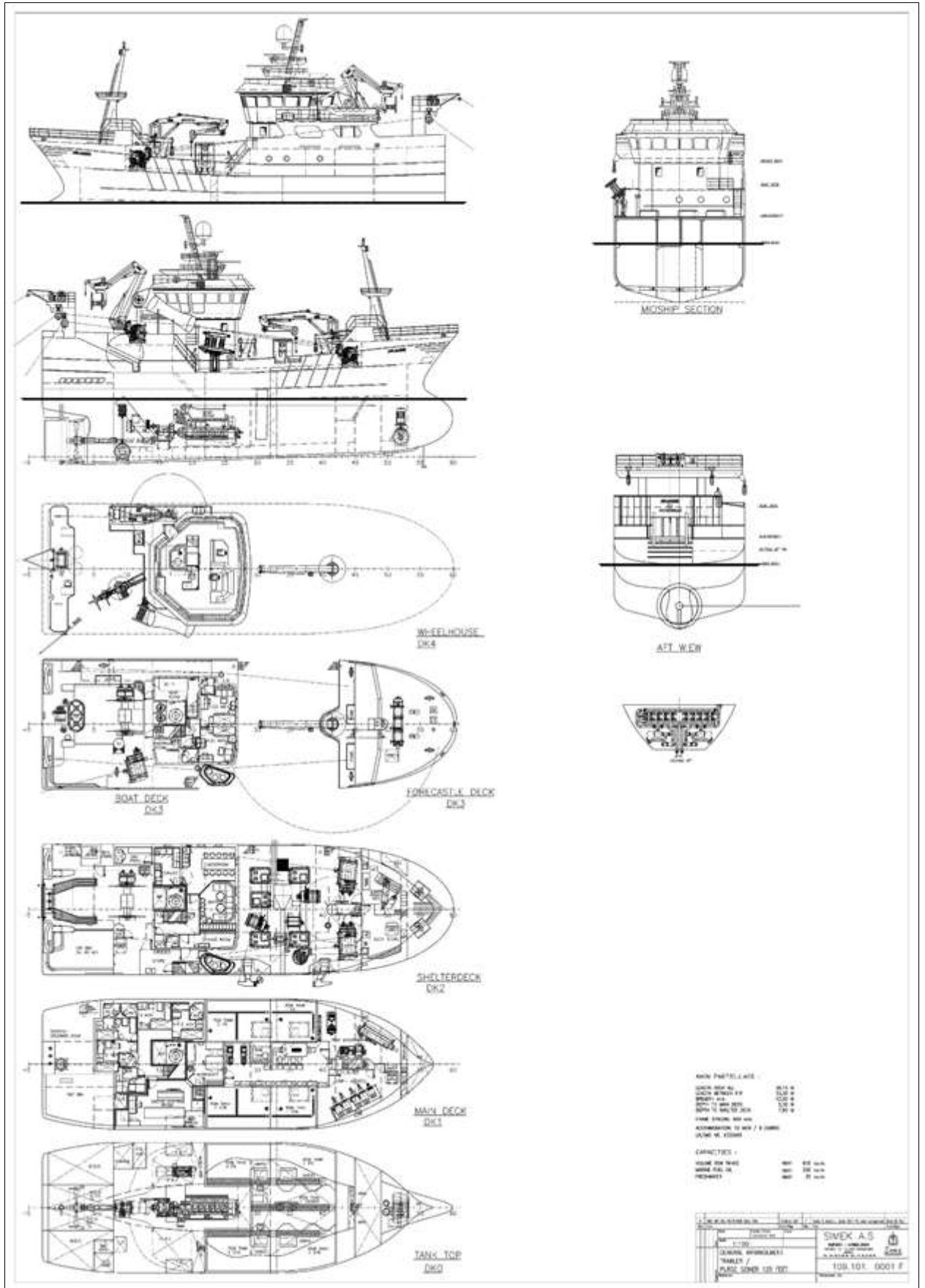
Таблица А.1

№	Судно	L _p ,м	L _w ,м	B,м	H,м	T,м	D,т	D _w ,м	v _s , уз.	N _{ек} , чел	N _{gd} , кВт	N _{dg} , кВт	N _{wg} , кВт	N _{ref} , кВт	GT	NT	W _{grz} , м ³	W _{tpz} , м ³	W _{pvz} , м ³
1	Sildaskjaer	23,6	25,17	8,5	5,98	4,40	626,3	250	11,5	9	1050	332	174	-	-	-	195	65	24
2	Solvaerskjaer	28,7	31,62	9,3	6,20	4,90	966,3	450	12,0	9	1319	428	1020	465	489	146	368	80	20
3	JulianneIII	33,3	35,11	12,0	7,80	6,63	1745	730	13,9	12	3000	910	1750	600	850	255	584	220	35
4	Silva Nova	36,0	37,61	10,0	7,30	6,00	1456	650	13,0	9	2460	630	-	528	816	245	535	116	17
5	Staaloe	37,5	-	11,0	7,10	5,50	-	-	12,8	-	1875	1000	-	-	886	265	500	216	77
6	Norafjell	38,4	40,36	10,0	7,00	5,80	1510	670	15,0	14	2400	1162	-	744	630	189	570	170	25
7	Fram	41,1	-	10,0	6,95	5,20	-	656	11,0	13	1800	660	-	756	727	231	900	80	35
8	Herojord	46,1	-	12,4	7,50	6,10	-	1286	15,5	8	2775	485	1750	-	1188	361	1000	150	35
9	Clipperton	46,3	48,31	10,0	7,15	6,30	2052	1150	15,0	8	2031	690	-	756	759	310	1023	105	29
10	Veronica	49,8	52,66	12,0	7,60	7,07	3010	1750	14,6	11	3975	1040	1200	1512	1198	447	1580	272	52
11	AtlanticChallenge	51,6	54,57	14,5	8,85	7,30	3878	1900	17,5	16	6000	965	-	915	1783	557	-	-	-
12	Paula	51,6	54,77	12,0	8,00	7,00	3001	1610	16,0	14	3460	1411	1600	2558	1302	498	1430	430	75
13	Felucca	52,8	54,25	11,0	7,90	6,70	2872	-	11,5	16	2764	850	1400	1158	1093	433	1670	249	40
14	Libas	55,0	57,97	11,6	7,00	6,00	2442	1090	17,0	-	2640	701	1300	634	1099	329	1200	325	50
15	Svanaug Elise	56,4	59,44	13,0	8,60	6,90	3308	1750	17,5	-	3460	1240	1900	1506	1514	454	1550	445	50
16	SeaBjorn	57,6	60,60	12,6	8,40	6,80	3323	1000	17,0	-	3530	960	2000	942	1742	591	975	380	140
17	Rav	58,2	61,01	13,2	8,70	7,50	3797	-	17,5	13	4500	1072	1900	1948	1674	502	1650	497	48
18	Qavak	60,0	62,97	12,6	8,40	6,90	3582	1870	16,0	14	3840	2313	1800	1884	1772	531	1700	441,4	152,2
19	Havskjer	60,6	63,79	13,0	8,30	7,30	4063	2200	16,0	15	5520	1072	2300	1861	1988	596	1962	460	28
20	King Cross	61,4	64,19	14,5	9,10	7,70	4706	1200	17,0	12	4920	1520	2000	2386	2302	691	2000	480	75
21	Gunnar Langva	63,0	66,00	14,4	9,50	7,40	4481	2000	17,8	14	4500	1240	2400	-	2223	666	2000	530	110
22	Мурман-2	66,0	-	12,6	8,20	7,32	4087	2330	16,0	20	6344	1360	2000	1750	2008	603	2144	524,8	60,6
23	Jupiter	67,2	-	13,6	8,65	7,30	-	2700	14,8	19	6000	870	1560	2326	2270	681	2500	630	52

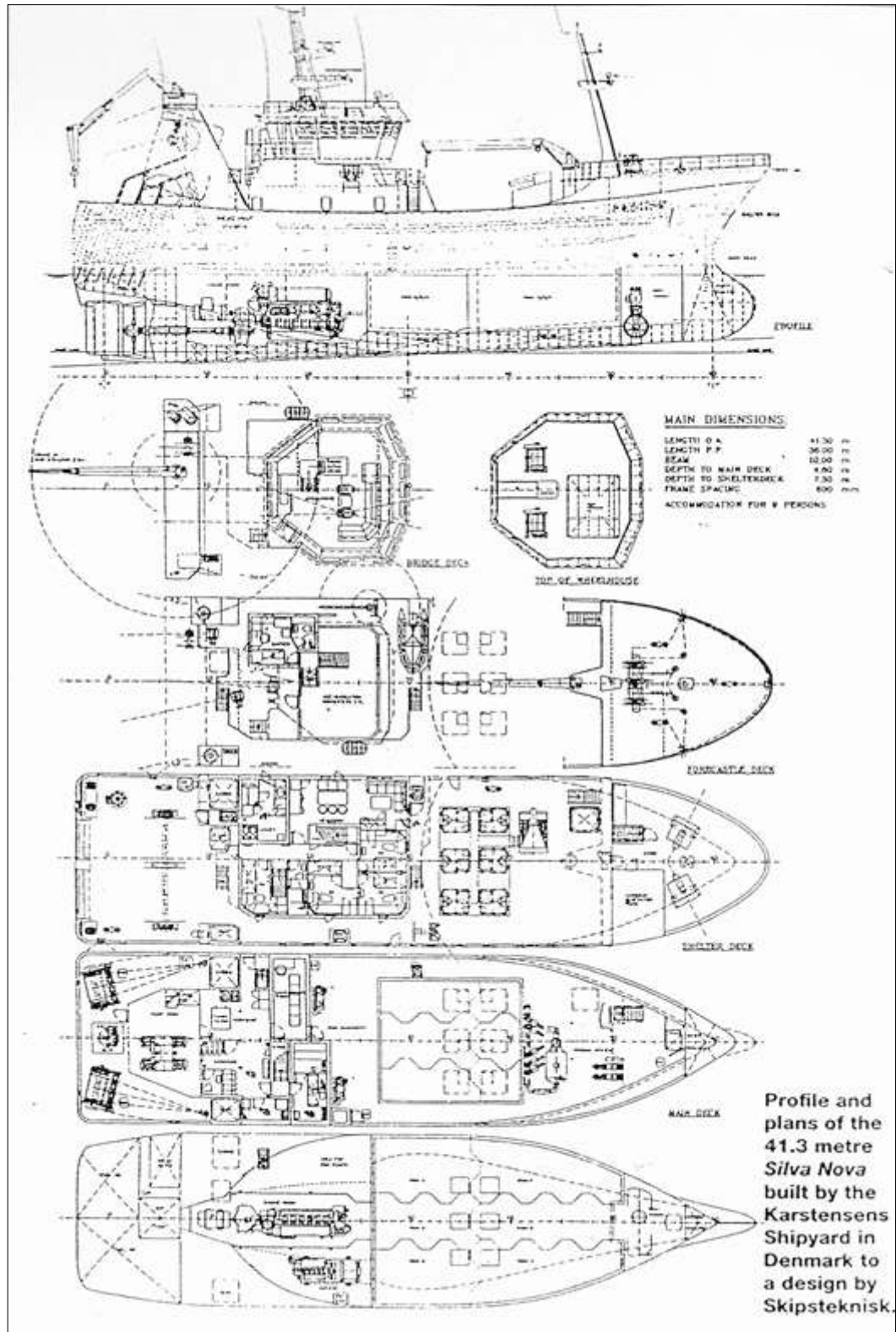
1- Sildaskjaer



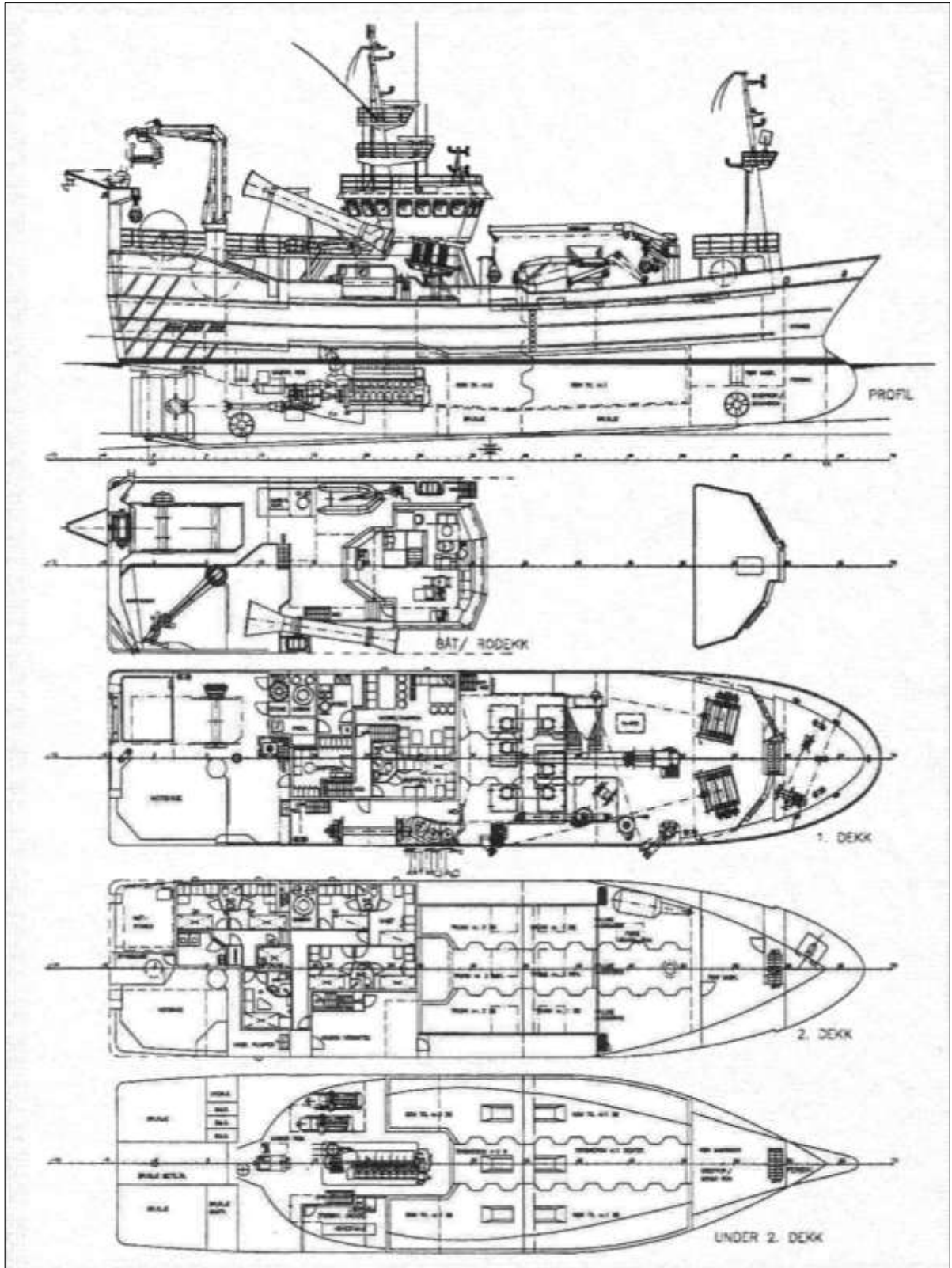
3- Julianne III



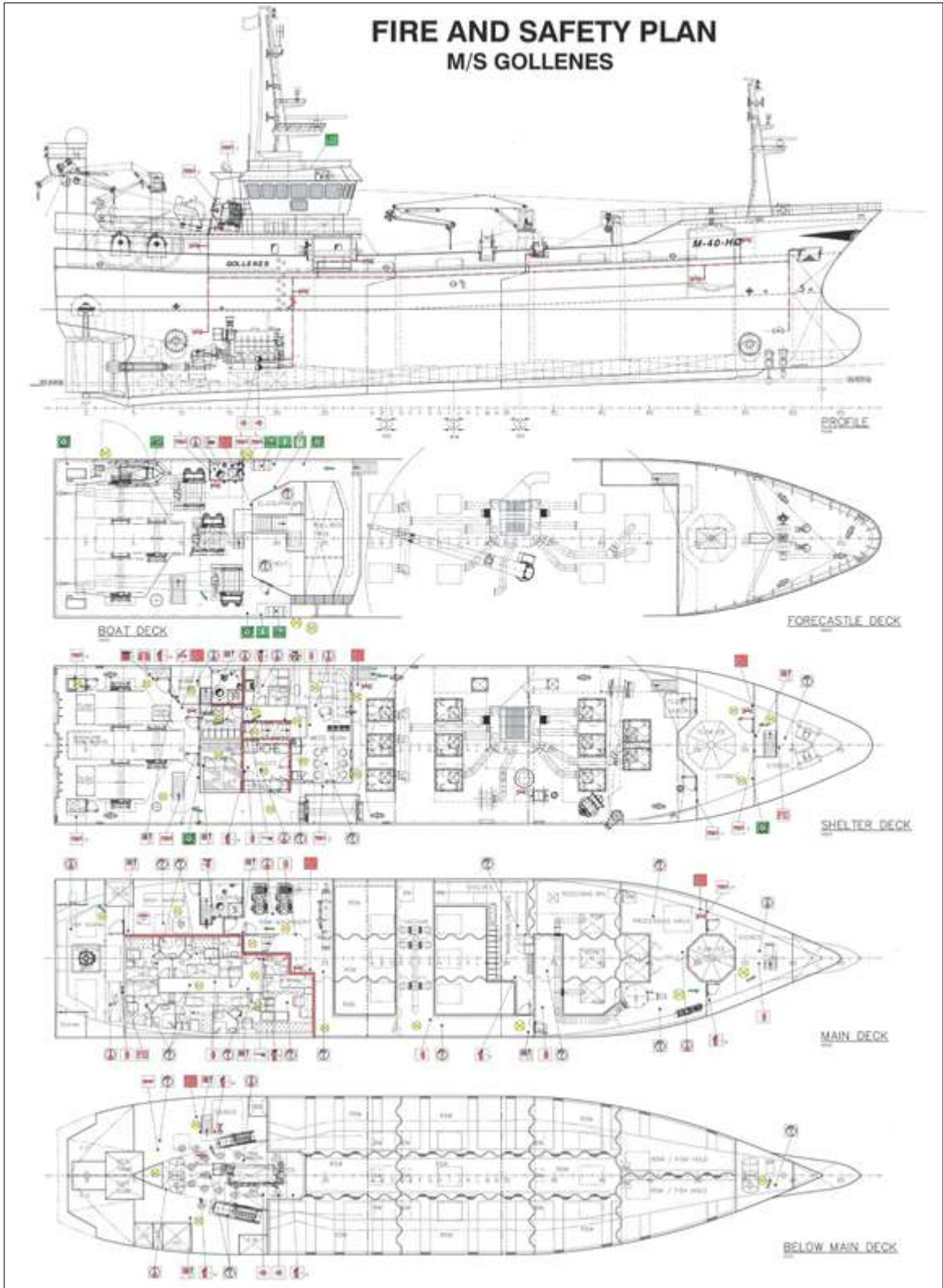
4- Silva Nova



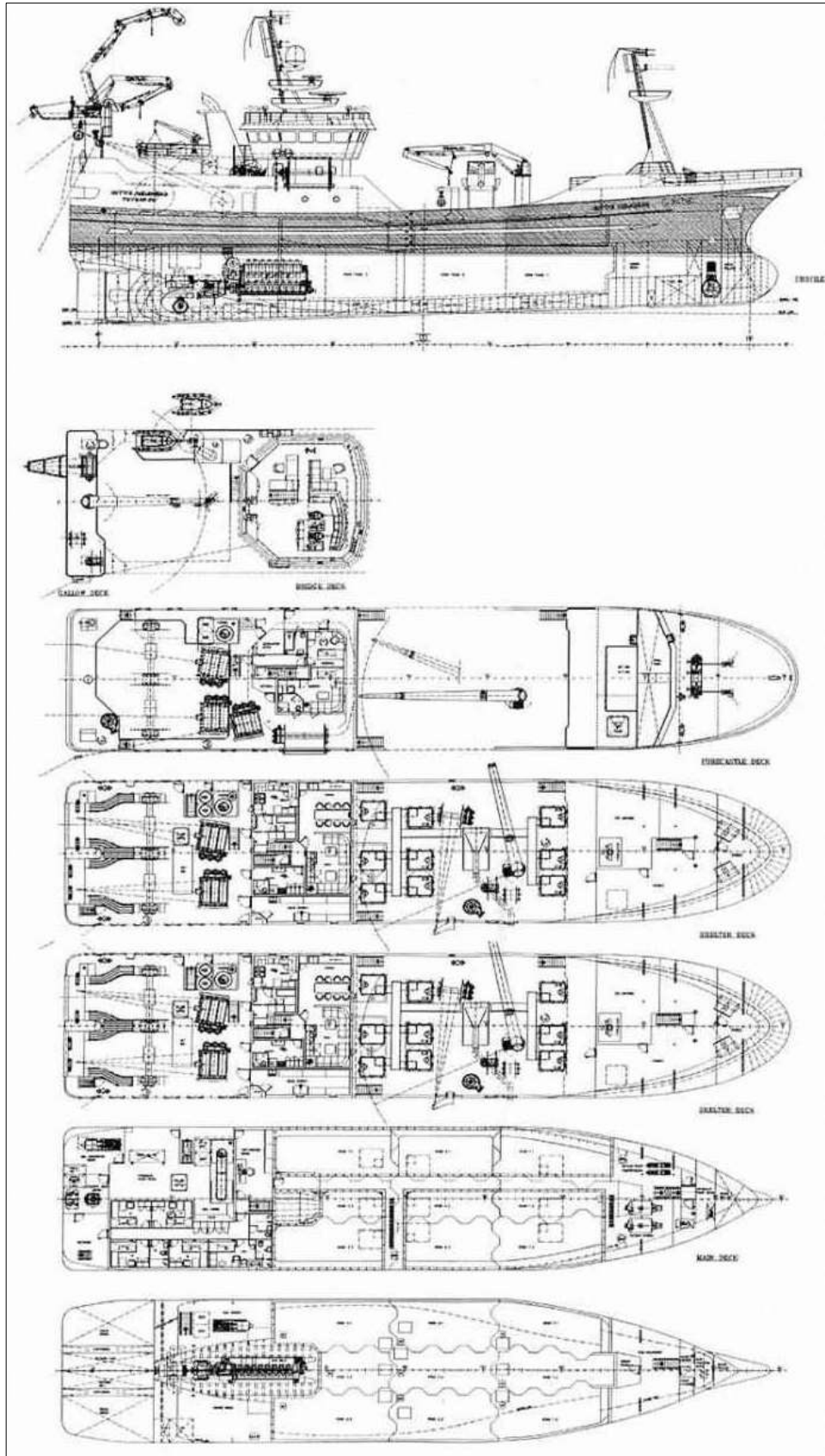
6- Norafjell



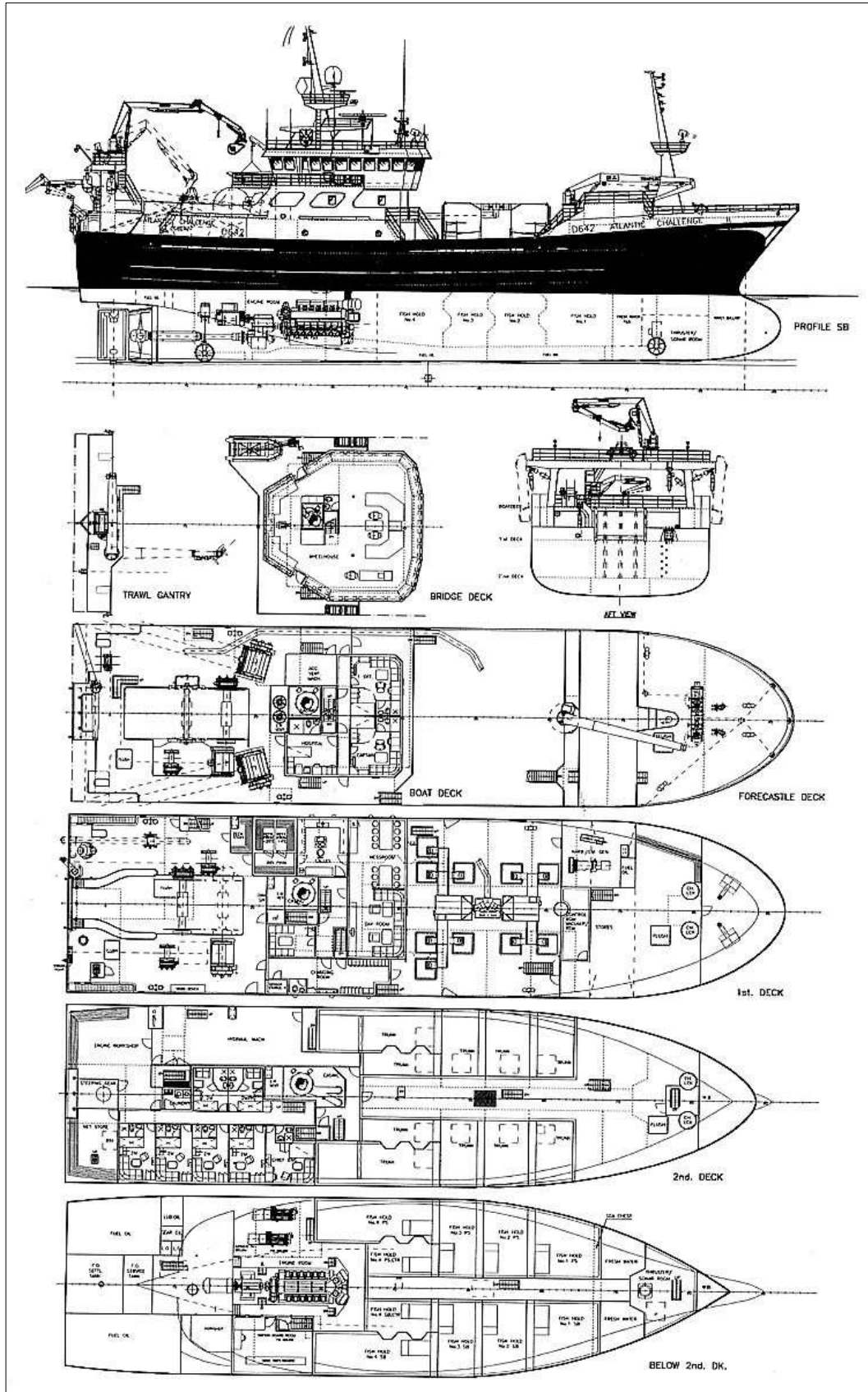
9-Clipperton



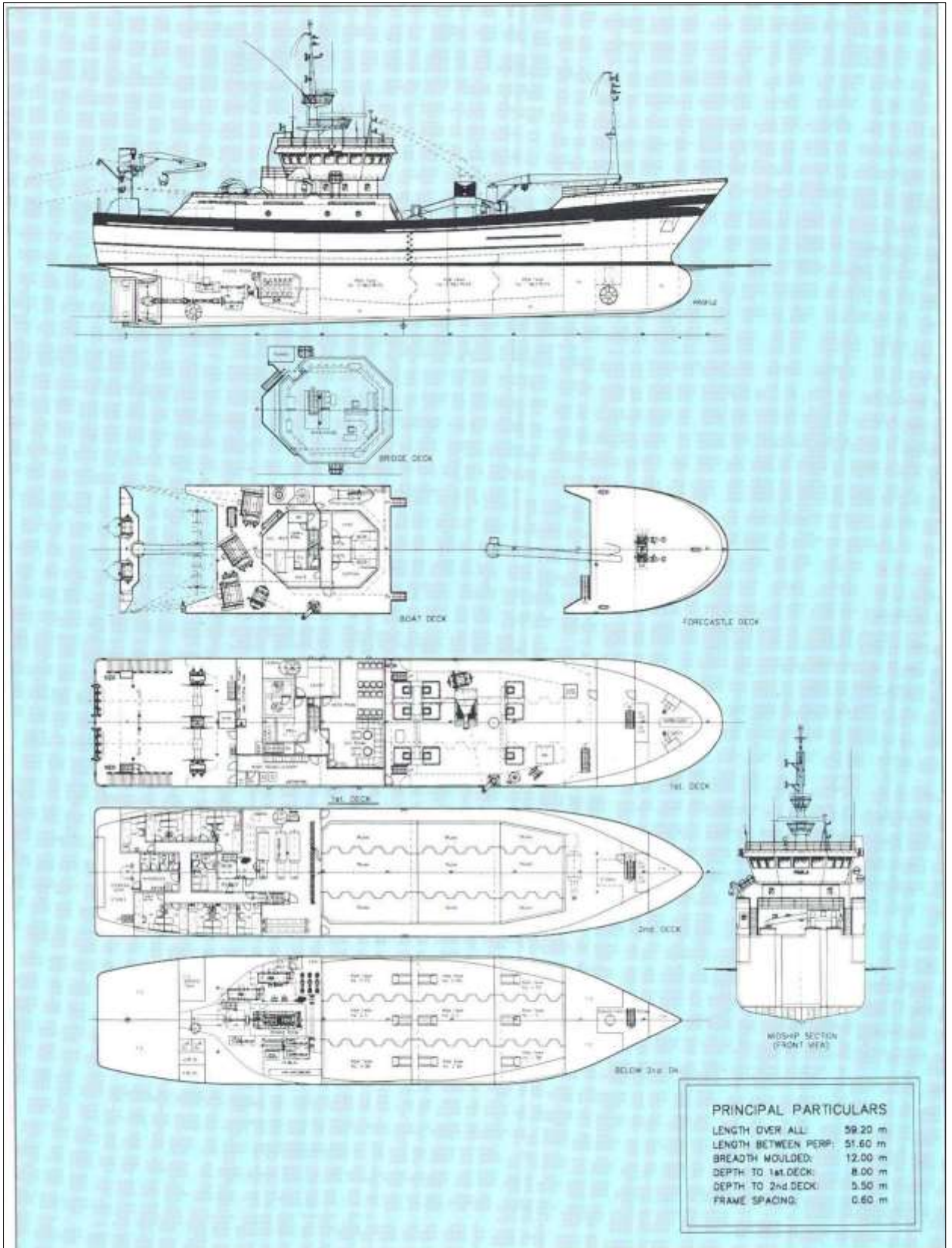
10-Veronica



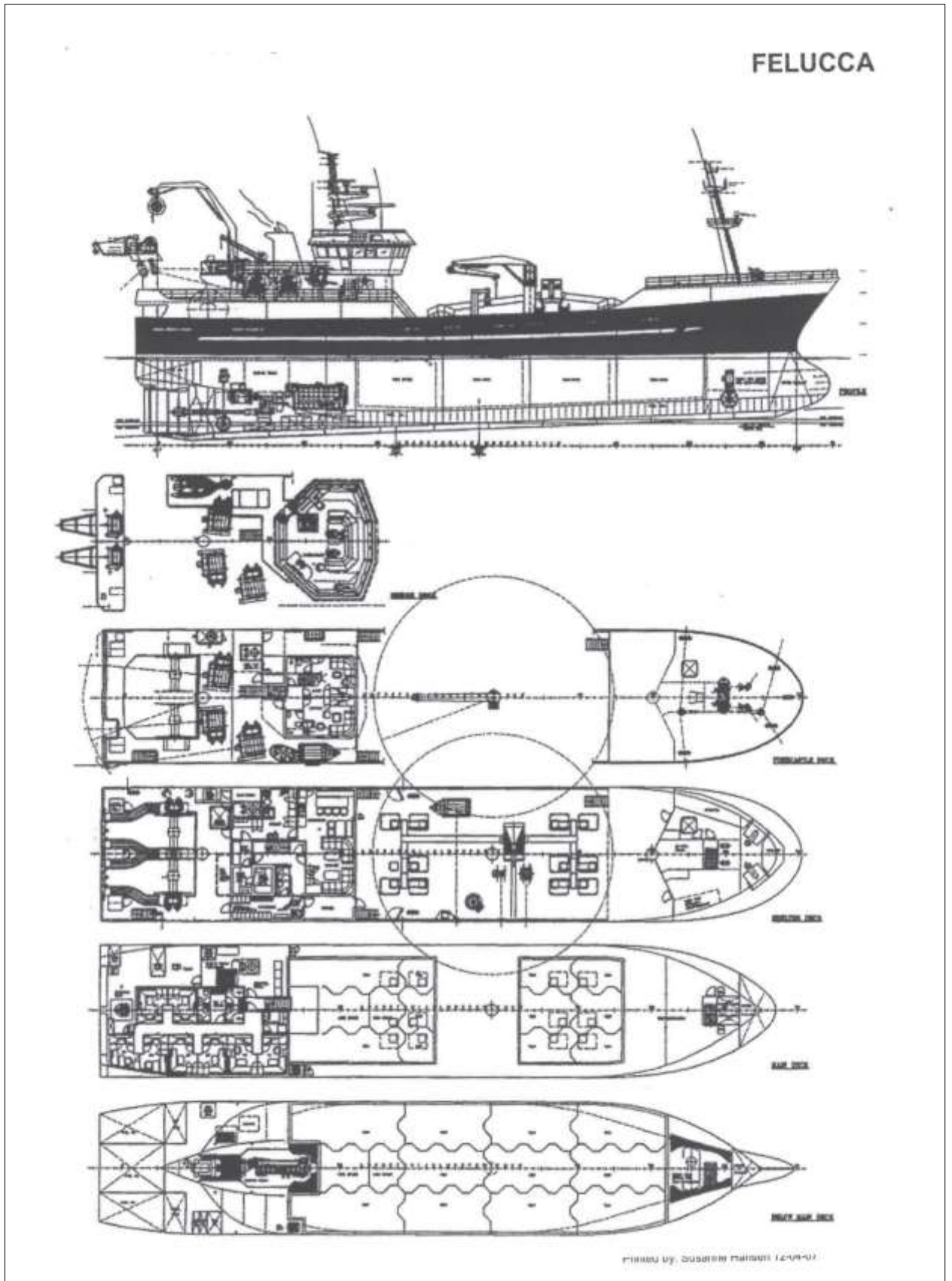
11- AtlanticChallenge



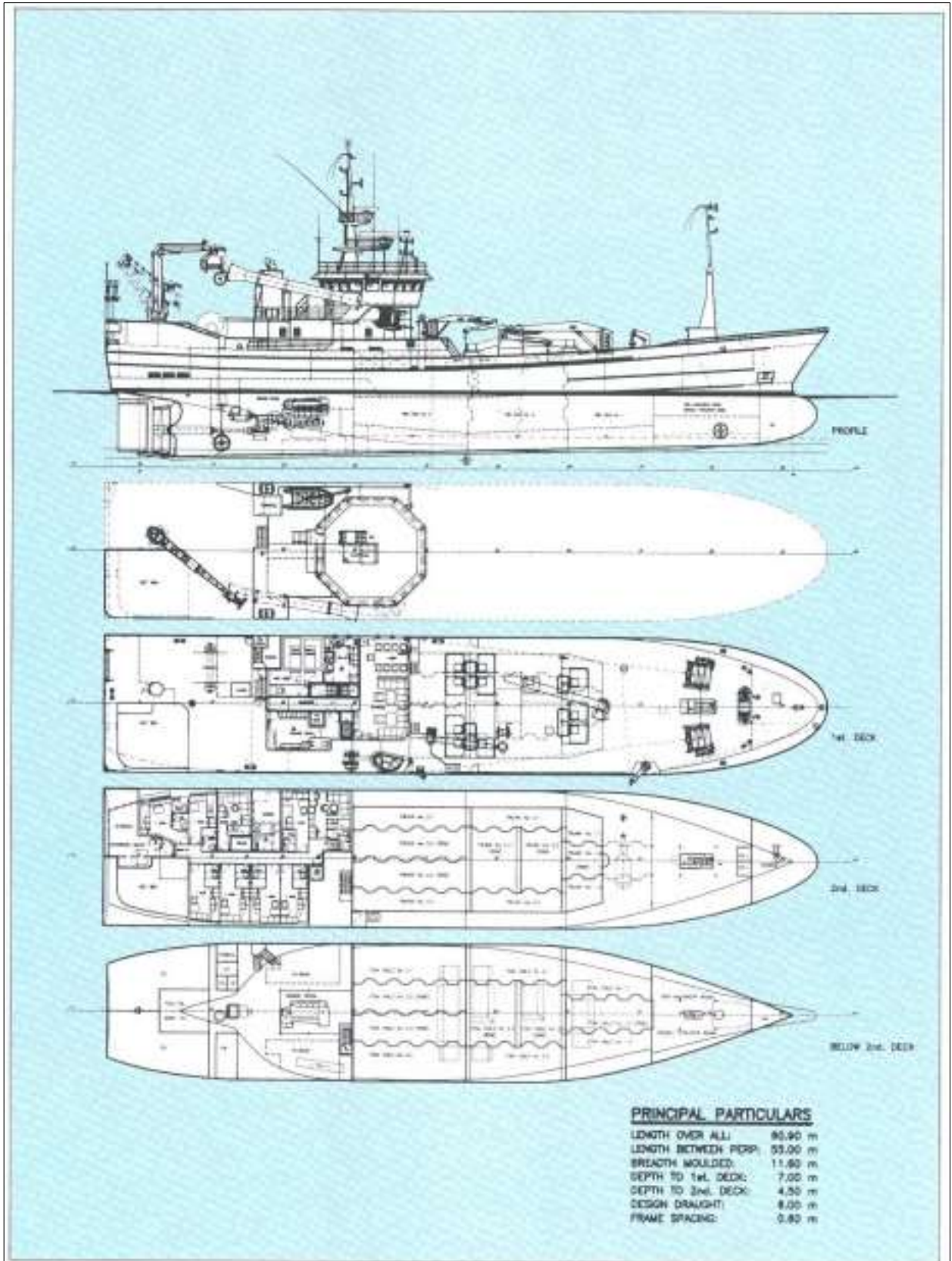
12- Paula



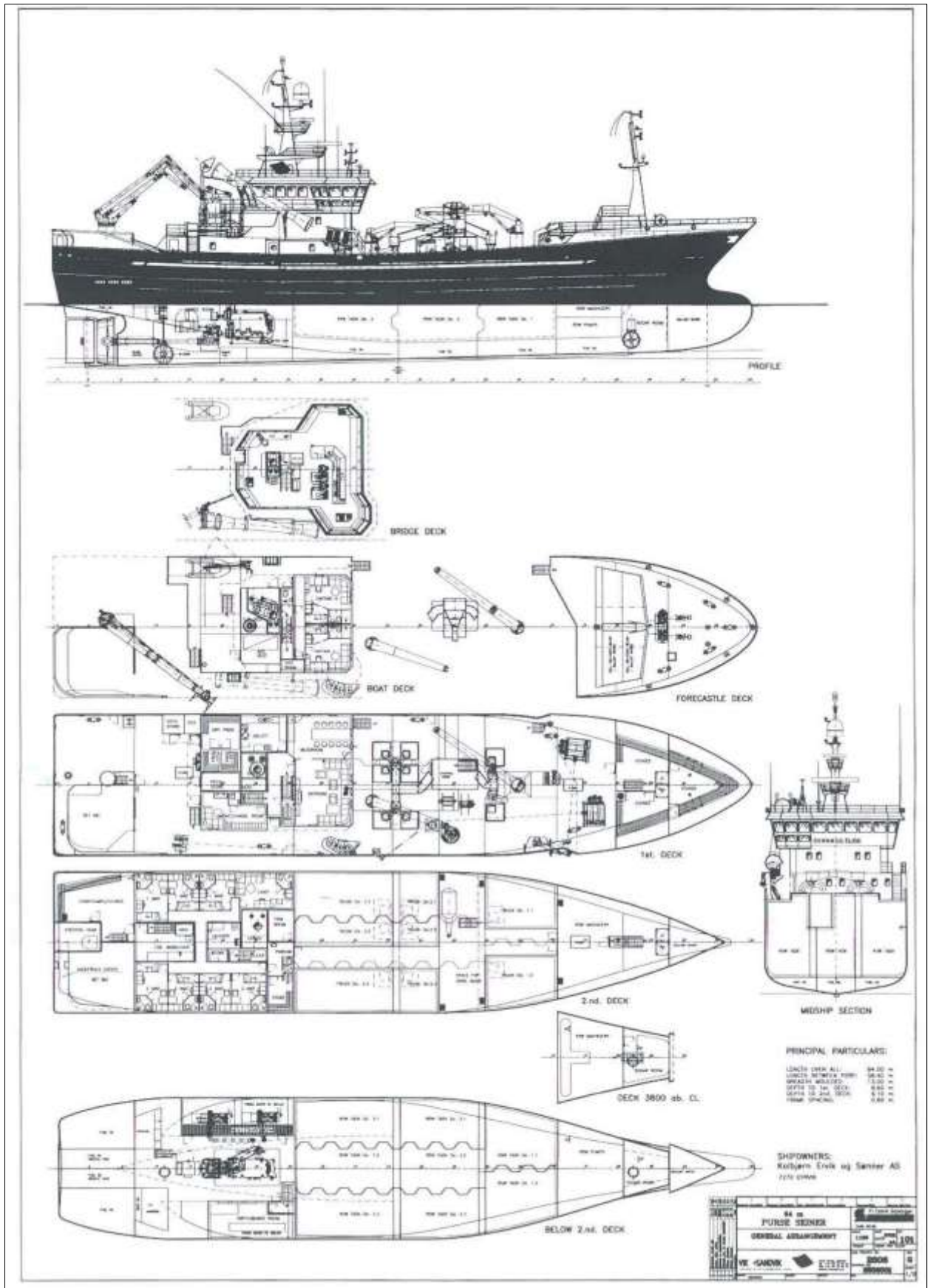
13- Felucca



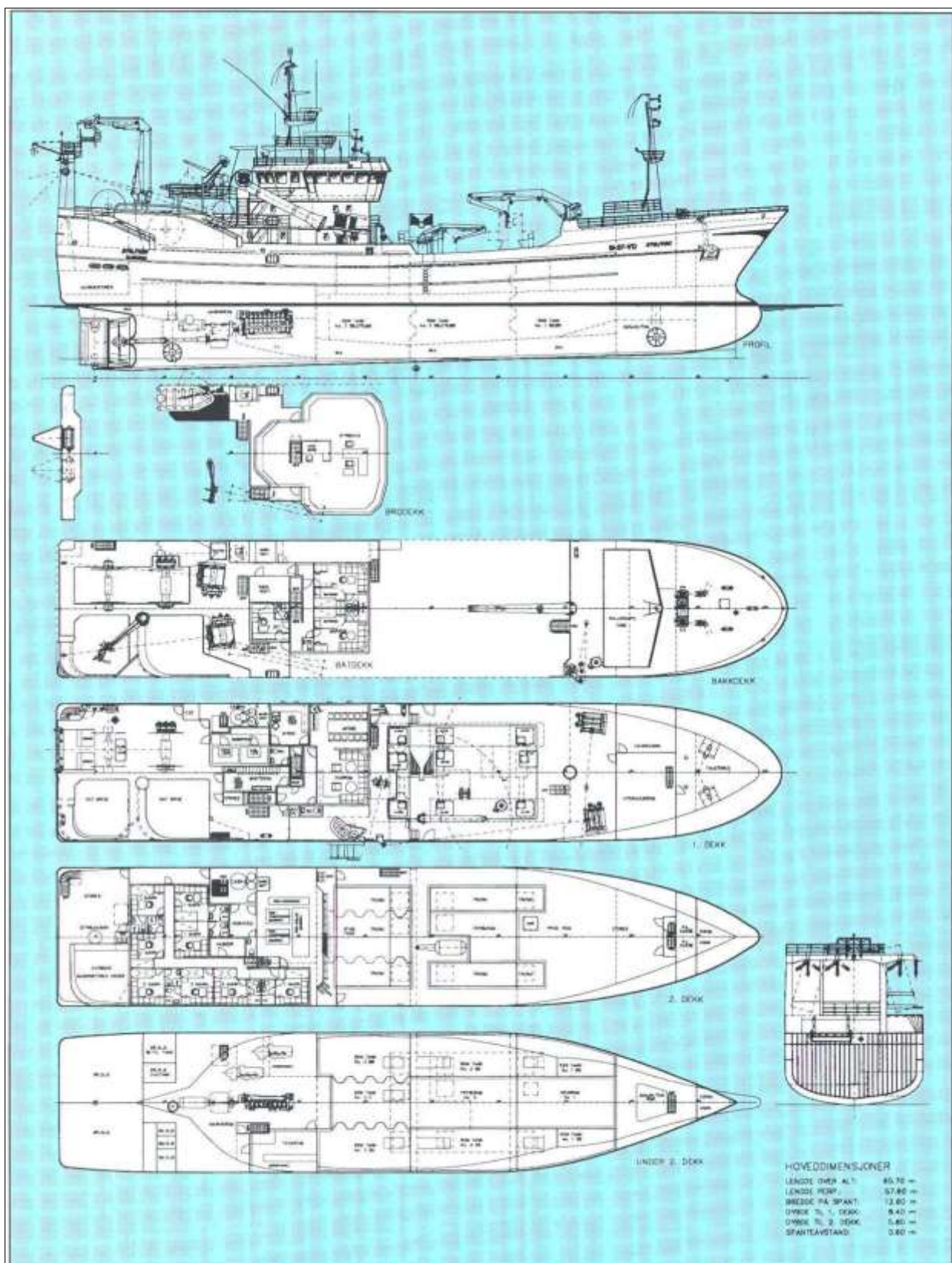
14-Libas



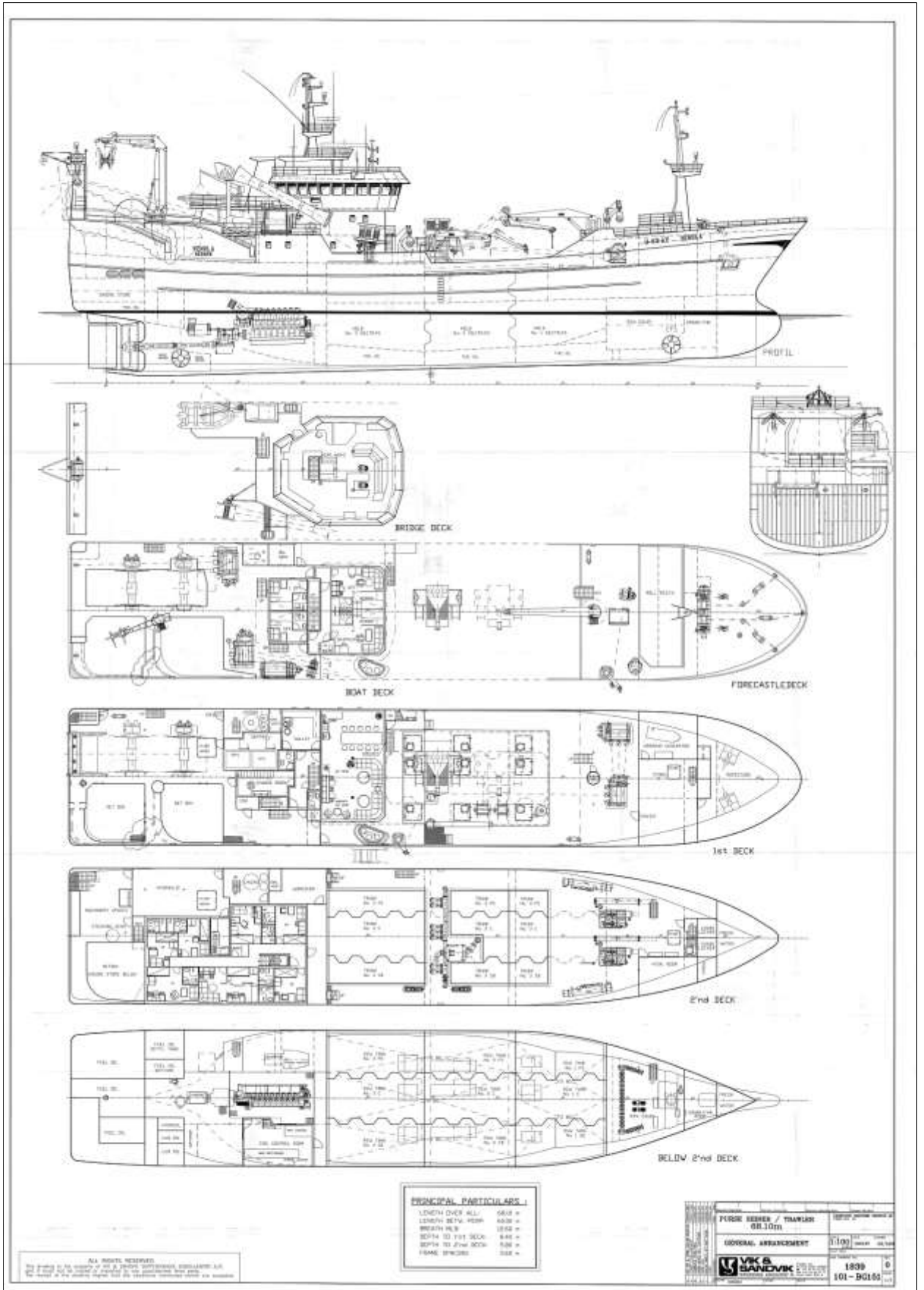
15- Svanaug Elise



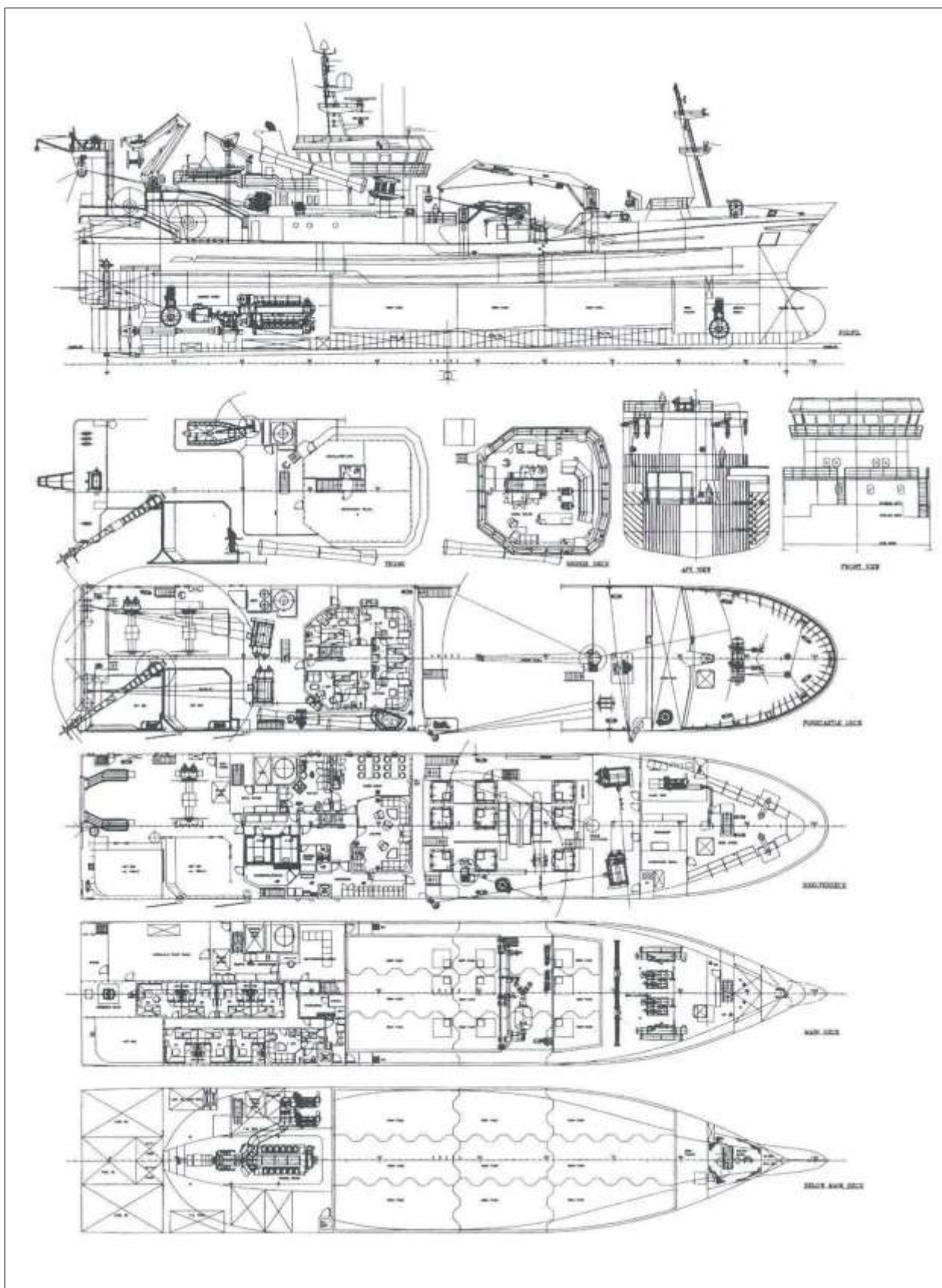
16- SeaBjorn



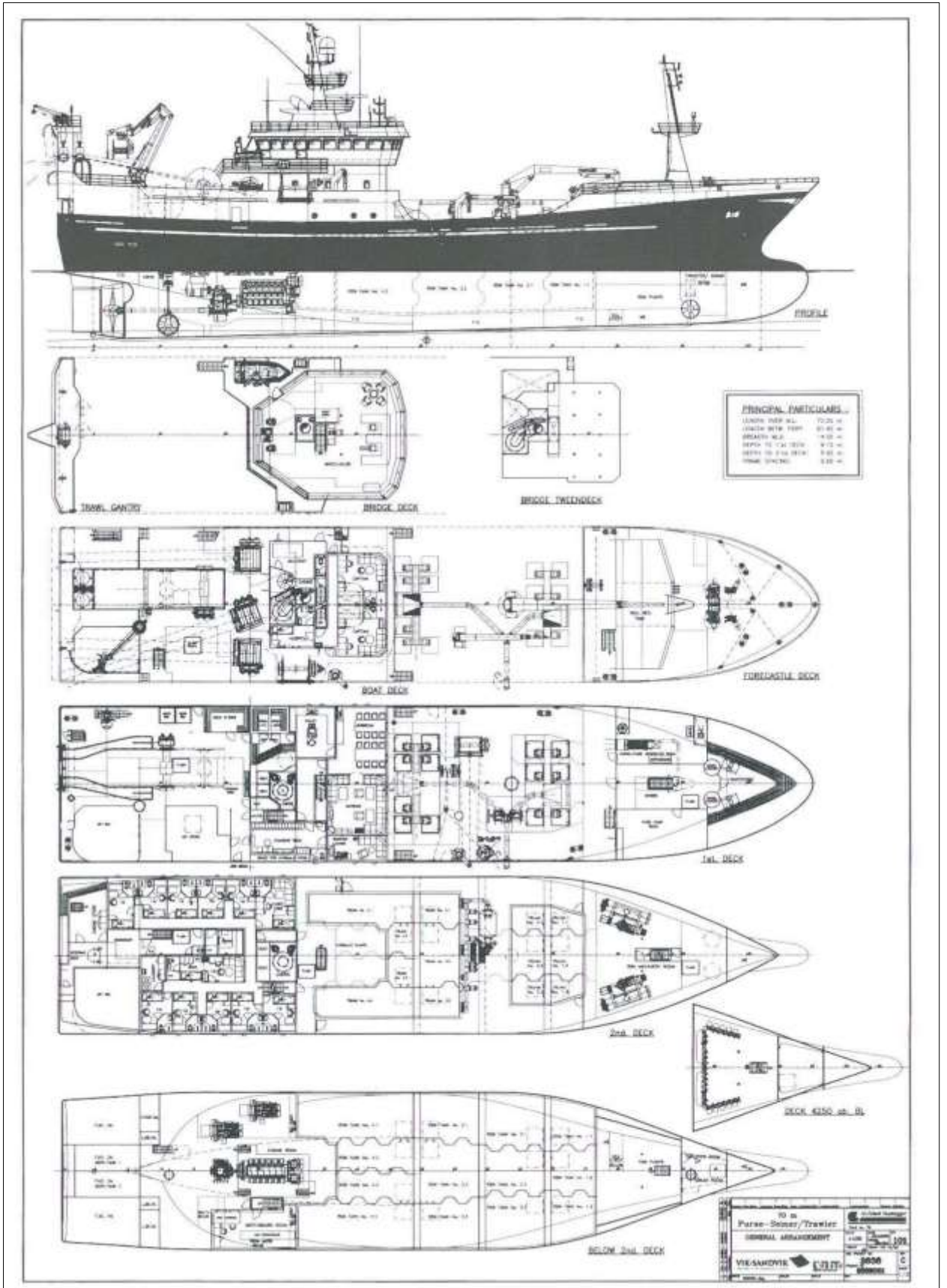
18- Qavak



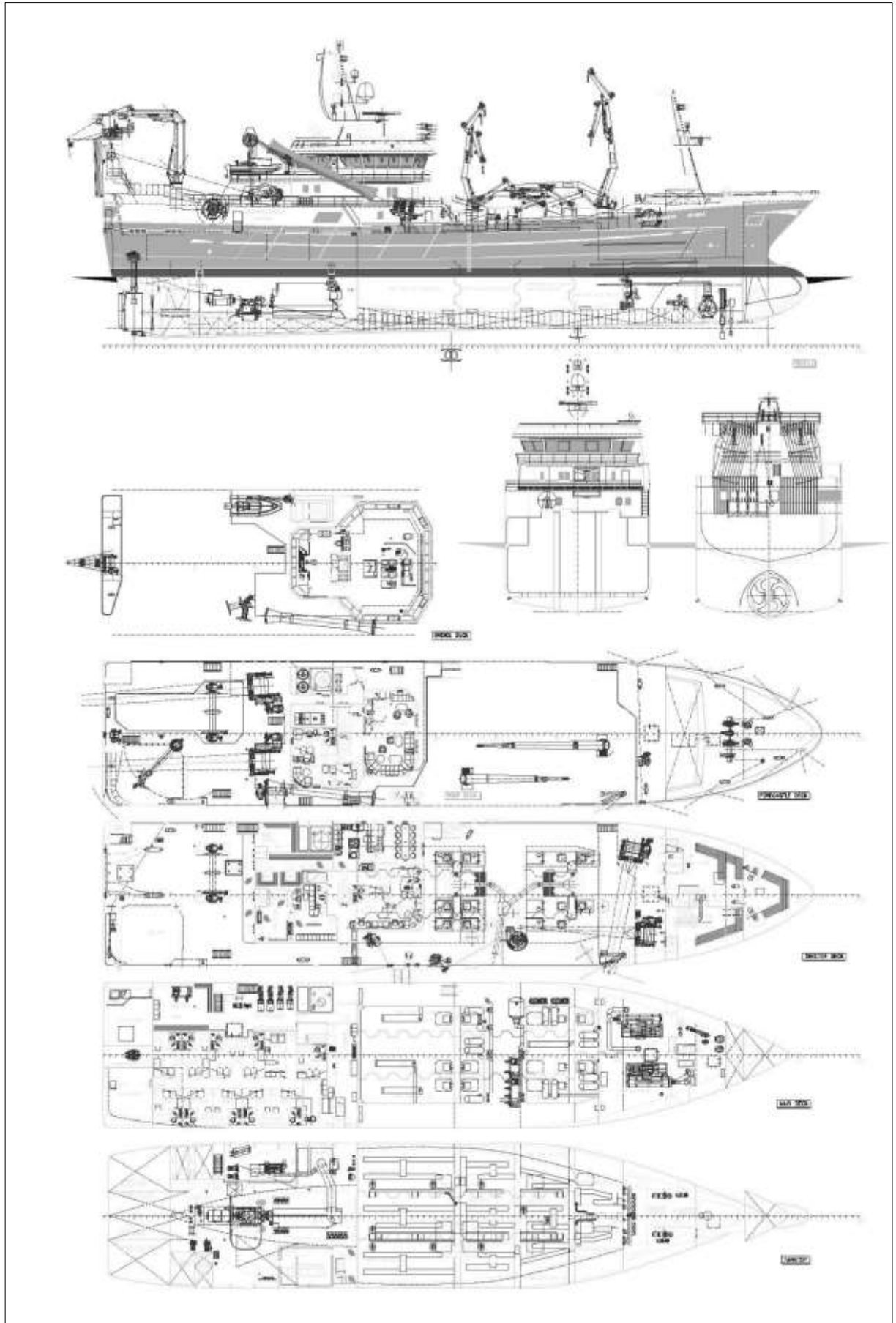
19-Havskjer



20- King Cross



21-Gunnar Langva



Приложение Б

Результат реконструирования НРС

Таблица Б.1

Судно Хар-ки	Sildas- kjaer	Solvaer- skjaer	Julian- ne III	Silva Nova	Nora- fjell	Clip- perton	Vero- nica	Paula	Libas	Svanaug Elise	Hargun
$L_p, м$	23,6	28,7	33,3	36,0	38,4	46,3	49,8	51,6	55,0	56,4	60,0
$L_w, м$	25,17	31,62	35,11	37,61	40,36	48,31	52,66	54,77	57,97	59,439	62,97
$B, м$	8,50	9,25	12,00	10,00	10,00	10,00	12,00	12,00	11,60	13,00	12,60
$H, м$	5,98	6,20	7,80	7,30	7,00	7,15	7,60	8,00	7,00	8,60	8,40
$H_n, м$	3,68	3,85	5,30	4,80	4,60	4,72	5,35	5,50	4,50	6,04	5,80
$T, м$	4,40	4,90	6,63	6,00	5,80	6,30	7,07	7,00	6,00	6,90	6,90
Расчет гидростатики (расчетный случай нагрузки)											
$D, т$	626	966	1745	1456	1510	2052	3010	3001	2441	3308	3582
l	2,781	2,927	2,789	3,203	3,375	3,670	3,670	3,607	4,119	3,816	3,954
$S_M, м^2$	34,0	40,0	71,2	53,5	51,8	58,3	79,1	78,0	63,3	82,2	80,9
$S_w, м^2$	183,5	261,1	374,4	327,5	355,4	419,1	557,6	577,3	571,2	637,3	688,8
δ	0,692	0,725	0,643	0,658	0,661	0,687	0,695	0,675	0,622	0,638	0,670
δ_n	0,755	0,779	0,688	0,705	0,708	0,707	0,712	0,691	0,665	0,679	0,717
α	0,858	0,893	0,889	0,871	0,881	0,868	0,882	0,878	0,849	0,825	0,868
β	0,910	0,883	0,895	0,891	0,894	0,926	0,932	0,928	0,910	0,916	0,931
φ	0,761	0,821	0,718	0,738	0,740	0,742	0,746	0,728	0,684	0,696	0,720

Окончание таблицы Б.1

χ	0,757	0,737	0,686	0,723	0,715	0,758	0,745	0,725	0,000	0,734	0,735
Z_c, M	2,620	2,949	4,050	3,584	3,454	3,671	4,143	4,088	3,511	4,064	4,032
Z_M, M	4,228	4,743	6,455	5,300	5,287	5,248	6,211	6,240	5,866	6,469	6,393
L_{mo}, M	5,79	7,04	12,60	11,33	13,75	11,44	12,70	13,27	14,22	14,58	16,88
Расчет вместимости											
W_{osn}, M^3	110,6	147,4	330,2	270,7	191,8	229,7	338,5	415,6	365,4	488,5	561,7
W_{bl}, M^3	18,9	32,3	33,8	37,9	19,7	18,8	35,6	59,8	36,3	62,4	42,7
W_{grz}, M^3	195	368	584	535	570	1023	1580	1430	1200	1550	1700
W_t, M^3	67,6	83,2	228,8	120,6	176,8	109,2	282,9	447,2	338,0	462,8	459,1
W_{ek}, M^3	244,0	364,9	425,4	382,5	484,5	398,4	449,9	610,9	446,3	749,7	735,6
W_{pv}, M^3	24,0	20,0	35,0	17,0	55,0	29,0	52,0	75,0	50,0	50,0	152,2
W_{agr}, M^3	176,2	221,1	229,6	230,4	227,4	302,0	299,0	371,3	345,8	416,8	589,2
W_{ref}, M^3	67,2	93,0	104,8	92,9	115,7	110,7	197,1	197,6	112,9	397,3	447,8
W_{mo}, M^3	126,7	217,7	523,1	441,6	371,4	315,0	635,7	665,3	460,5	716,9	741,5
$\sum W_s, M^3$	916,1	1323,2	2224,8	1911,4	2017,5	2413,3	3540,6	3830,7	3578,6	4600,3	4904,0
K_{sdl}	0,012	0,029	0,037	0,033	0,060	0,024	0,094	0,089	0,070	0,071	0,079
S_n	0,169	0,154	0,174	0,166	0,166	0,119	0,128	0,146	0,098	0,113	0,119

Приложение В

Расчет критического аппликата ЦТ Z_{gkr} по частным критериям в Maxsurf

Таблица В.1

1. Sildaskjaer															
№	D, т	T, М	l_{d30}	l_{d40}	$l_{d(30,40)}$	l_{max}	θ_{max}	h_0	θ_v	Z_{gkr}	δ	α	$Z_m, М$	$Z_c, М$	k_{sdl}^*
1	400	3,193	3,986	4,05	4,186	4,215	4,49	3,965	4,316	3,965	0,609	0,795	4,314	1,954	1,230
2	428,3	3,345	3,958	4,036	4,19	4,239	4,512	3,93	4,441	3,930	0,622	0,802	4,279	2,041	1,230
3	456,5	3,495	3,937	4,025	4,194	4,264	4,535	3,902	4,439	3,902	0,635	0,808	4,251	2,127	1,230
4	484,8	3,646	3,921	4,018	4,198	4,279	4,552	3,879	4,438	3,879	0,646	0,814	4,229	2,211	1,230
5	513	3,797	3,912	4,015	4,203	4,288	4,563	3,864	4,436	3,864	0,657	0,821	4,213	2,294	1,230
6	541,3	3,947	3,908	4,015	4,209	4,291	4,57	3,856	4,431	3,856	0,667	0,829	4,205	2,376	1,230
7	569,5	4,097	3,909	4,017	4,212	4,288	4,571	3,856	4,423	3,856	0,676	0,838	4,205	2,458	1,230
8	597,8	4,248	3,914	4,02	4,211	4,28	4,566	3,863	4,412	3,863	0,684	0,848	4,212	2,539	1,230
9	626	4,398	3,925	4,024	4,207	4,266	4,554	3,876	4,398	3,876	0,692	0,858	4,225	2,620	1,230
2. Solvaerskjaer															
№	D, т	T, М	l_{d30}	l_{d40}	$l_{d(30,40)}$	l_{max}	θ_{max}	h_0	θ_v	Z_{gkr}	δ	α	$Z_m, М$	$Z_c, М$	k_{sdl}^*
1	600	3,52	4,48	4,532	4,651	4,644	4,962	4,442	4,794	4,442	0,624	0,805	4,792	2,176	1,312
2	645,8	3,695	4,456	4,52	4,656	4,643	4,962	4,408	4,765	4,408	0,640	0,808	4,757	2,277	1,312
3	691,6	3,867	4,438	4,511	4,658	4,666	4,961	4,386	4,876	4,386	0,654	0,816	4,736	2,377	1,312
4	737,4	4,039	4,424	4,501	4,655	4,69	4,96	4,37	4,88	4,370	0,668	0,821	4,720	2,475	1,312
5	783,2	4,21	4,413	4,493	4,649	4,706	4,974	4,361	4,882	4,361	0,681	0,826	4,711	2,571	1,312
6	828,9	4,382	4,407	4,486	4,642	4,715	4,983	4,36	4,88	4,360	0,692	0,836	4,709	2,667	1,312
7	874,7	4,553	4,405	4,482	4,634	4,716	4,985	4,364	4,873	4,364	0,703	0,864	4,714	2,761	1,312
8	920,5	4,725	4,407	4,479	4,626	4,711	4,983	4,376	4,863	4,376	0,713	0,882	4,726	2,854	1,312
9	966,3	4,896	4,409	4,477	4,619	4,701	4,977	4,393	4,85	4,393	0,725	0,892	4,743	2,947	1,312

Продолжение таблицы В.1

3. Jullian III															
№	D, т	T, м	l _{d30}	l _{d40}	l _{d(30,40)}	l _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, м}	Z _{c, м}	k _{sdl} *
1	1050	4,784	6,014	5,999	6,029	5,995	6,125	6,103	6,119	5,995	0,536	0,792	6,454	2,949	1,268
2	1137	5,022	6,044	6,037	6,077	6,049	6,193	6,105	6,083	6,037	0,553	0,810	6,455	3,098	1,268
3	1224	5,256	6,061	6,058	6,105	6,078	6,227	6,098	6,052	6,052	0,568	0,825	6,448	3,243	1,268
4	1311	5,488	6,067	6,065	6,112	6,081	6,224	6,086	6,038	6,038	0,583	0,839	6,436	3,384	1,268
5	1398	5,719	6,067	6,062	6,104	6,065	6,195	6,075	6,041	6,041	0,597	0,853	6,425	3,522	1,268
6	1484	5,948	6,061	6,048	6,08	6,036	6,133	6,069	6,056	6,036	0,609	0,866	6,420	3,657	1,268
7	1571	6,177	6,044	6,021	6,041	5,996	6,068	6,072	6,065	5,996	0,621	0,875	6,423	3,790	1,268
8	1658	6,405	6,018	5,985	5,99	5,946	5,999	6,084	6,065	5,946	0,632	0,883	6,435	3,921	1,268
9	1745	6,631	5,985	5,941	5,933	5,887	5,923	6,104	6,057	5,887	0,642	0,889	6,455	4,051	1,268
4. Silvanova															
№	D, т	T, м	l _{d30}	l _{d40}	l _{d(30,40)}	l _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, м}	Z _{c, м}	k _{sdl} *
1	850	4,147	4,712	4,774	4,905	5,373	5,573	4,7	5,048	4,700	0,555	0,783	5,050	2,515	1,298
2	925,8	4,386	4,739	4,811	4,958	5,344	5,543	4,713	5,064	4,713	0,572	0,803	5,062	2,658	1,298
3	1002	4,622	4,767	4,844	4,997	5,313	5,512	4,729	5,085	4,729	0,587	0,819	5,079	2,798	1,298
4	1077	4,856	4,797	4,873	5,024	5,281	5,481	4,752	5,109	4,752	0,601	0,834	5,102	2,934	1,298
5	1153	5,088	4,827	4,896	5,038	5,25	5,449	4,781	5,135	4,781	0,614	0,845	5,130	3,068	1,298
6	1229	5,318	4,855	4,914	5,042	5,218	5,417	4,815	5,161	4,815	0,626	0,854	5,165	3,200	1,298
7	1305	5,546	4,883	4,928	5,039	5,189	5,389	4,855	5,19	4,855	0,637	0,861	5,204	3,329	1,298
8	1380	5,774	4,909	4,94	5,03	5,167	5,367	4,9	5,226	4,900	0,648	0,867	5,250	3,457	1,298
9	1456	6	4,928	4,943	5,015	5,151	5,342	4,95	5,286	4,928	0,657	0,872	5,300	3,584	1,298
5. Norafjell															
№	D, т	T, м	l _{d30}	l _{d40}	l _{d(30,40)}	l _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, м}	Z _{c, м}	k _{sdl} *
1	900	4,081	4,746	4,788	4,893	5,156	5,363	4,776	5,171	4,746	0,560	0,801	5,128	2,440	1,290

Продолжение таблицы В.1

2	976,3	4,303	4,781	4,831	4,947	5,124	5,333	4,808	5,333	4,781	0,576	0,825	5,159	2,576	1,290
3	1053	4,521	4,811	4,865	4,986	5,094	5,306	4,816	5,306	4,811	0,591	0,841	5,167	2,709	1,290
4	1129	4,738	4,837	4,89	5,012	5,07	5,319	4,823	5,286	4,823	0,605	0,853	5,173	2,839	1,290
5	1205	4,952	4,858	4,907	5,024	5,068	5,333	4,832	5,298	4,832	0,618	0,862	5,182	2,966	1,290
6	1281	5,166	4,876	4,918	5,024	5,082	5,334	4,846	5,303	4,846	0,630	0,868	5,196	3,091	1,290
7	1358	5,378	4,893	4,925	5,017	5,09	5,345	4,869	5,302	4,869	0,641	0,873	5,219	3,213	1,290
8	1434	5,589	4,905	4,927	5,006	5,089	5,345	4,899	5,294	4,899	0,651	0,877	5,249	3,334	1,290
9	1510	5,799	4,911	4,925	4,993	5,08	5,329	4,937	5,279	4,911	0,661	0,881	5,287	3,453	1,290
6. Clipperton															
№	D, T	T, M	I _{d30}	I _{d40}	I _{d(30,40)}	I _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, M}	Z _{c, M}	k _{sdl} *
1	1000	3,769	4,531	4,593	4,725	4,808	5,033	4,52	5,002	4,520	0,558	0,762	4,869	2,220	1,181
2	1132	4,098	4,555	4,633	4,788	4,786	5,099	4,527	5,01	4,527	0,580	0,790	4,876	2,419	1,181
3	1263	4,421	4,586	4,666	4,824	4,814	5,13	4,544	4,983	4,544	0,600	0,811	4,893	2,611	1,181
4	1395	4,741	4,62	4,69	4,834	4,817	5,139	4,576	4,956	4,576	0,618	0,828	4,925	2,797	1,181
5	1526	5,058	4,653	4,704	4,823	4,8	5,132	4,621	4,943	4,621	0,634	0,841	4,970	2,978	1,181
6	1658	5,371	4,685	4,711	4,796	4,768	5,041	4,677	4,932	4,677	0,649	0,850	5,026	3,155	1,181
7	1789	5,683	4,706	4,705	4,754	4,723	4,889	4,743	4,91	4,705	0,662	0,858	5,092	3,330	1,181
8	1921	5,992	4,711	4,687	4,706	4,671	4,776	4,817	4,88	4,671	0,674	0,863	5,166	3,501	1,181
9	2052	6,3	4,697	4,658	4,656	4,624	4,719	4,898	4,845	4,624	0,685	0,868	5,247	3,671	1,181
7. Veronica															
№	D, T	T, M	I _{d30}	I _{d40}	I _{d(30,40)}	I _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, M}	Z _{c, M}	k _{sdl} *
1	1300	3,928	5,657	5,677	5,755	5,792	5,971	5,631	5,983	5,631	0,543	0,770	5,983	2,312	1,294
2	1514	4,355	5,646	5,696	5,814	5,778	6,128	5,597	5,983	5,597	0,569	0,783	5,942	2,571	1,294
3	1728	4,761	5,657	5,719	5,852	5,818	6,164	5,62	5,937	5,62	0,594	0,811	5,949	2,818	1,294
4	1941	5,155	5,672	5,73	5,857	5,82	6,173	5,635	5,883	5,635	0,615	0,834	5,955	3,055	1,294

Продолжение таблицы В.1

5	2155	5,544	5,683	5,726	5,833	5,798	6,15	5,647	5,831	5,647	0,635	0,851	5,965	3,284	1,294
6	2369	5,931	5,689	5,708	5,783	5,753	6,002	5,673	5,791	5,673	0,652	0,862	5,993	3,507	1,294
7	2583	6,313	5,684	5,675	5,713	5,68	5,832	5,715	5,755	5,675	0,667	0,870	6,040	3,726	1,294
8	2796	6,694	5,66	5,627	5,633	5,592	5,696	5,776	5,719	5,592	0,681	0,876	6,107	3,940	1,294
9	3010	7,07	5,612	5,562	5,546	5,503	5,597	5,853	5,673	5,503	0,694	0,881	6,211	4,143	1,294
8. Paula															
№	D, Т	T,М	l _{d30}	l _{d40}	l _{d(30,40)}	l _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, М}	Z _{c, М}	k _{sdl} *
1	1300	3,865	5,402	5,465	5,6	6,007	6,219	5,384	6,219	5,384	0,528	0,755	5,734	2,249	1,317
2	1513	4,31	5,406	5,498	5,671	5,966	6,183	5,364	6,183	5,364	0,551	0,765	5,713	2,507	1,317
3	1725	4,731	5,448	5,551	5,738	5,925	6,148	5,396	6,148	5,396	0,573	0,783	5,745	2,755	1,317
4	1938	5,134	5,512	5,61	5,792	5,895	6,132	5,459	6,124	5,459	0,593	0,813	5,808	2,994	1,317
5	2150	5,522	5,581	5,664	5,825	5,907	6,167	5,54	6,098	5,54	0,611	0,839	5,889	3,225	1,317
6	2363	5,9	5,647	5,708	5,84	5,914	6,179	5,626	6,075	5,626	0,629	0,855	5,975	3,449	1,317
7	2575	6,271	5,702	5,741	5,844	5,897	6,171	5,711	6,051	5,702	0,645	0,865	6,060	3,666	1,317
8	2788	6,637	5,74	5,758	5,833	5,861	6,113	5,798	6,029	5,74	0,660	0,872	6,148	3,879	1,317
9	3000	6,999	5,759	5,76	5,81	5,811	6,037	5,89	6,01	5,759	0,673	0,878	6,240	4,087	1,317
9. Libas															
№	D, Т	T,М	l _{d30}	l _{d40}	l _{d(30,40)}	l _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, М}	Z _{c, М}	k _{sdl} *
1	1100	3,417	5,183	5,195	5,262	5,415	5,658	5,225	5,558	5,183	0,492	0,700	5,574	1,988	1,297
2	1268	3,784	5,183	5,221	5,322	5,382	5,639	5,171	5,579	5,171	0,512	0,735	5,521	2,201	1,297
3	1435	4,134	5,211	5,266	5,391	5,376	5,697	5,164	5,527	5,164	0,530	0,752	5,514	2,406	1,297
4	1603	4,47	5,253	5,319	5,457	5,425	5,766	5,189	5,482	5,189	0,548	0,765	5,538	2,605	1,297
5	1771	4,792	5,303	5,368	5,506	5,472	5,817	5,237	5,445	5,237	0,564	0,783	5,587	2,797	1,297
6	1938	5,102	5,359	5,412	5,532	5,496	5,849	5,302	5,417	5,301	0,580	0,800	5,651	2,983	1,297
7	2106	5,402	5,412	5,443	5,533	5,494	5,825	5,371	5,397	5,371	0,595	0,822	5,721	3,164	1,297

Окончание таблицы В.1

8	2273	5,696	5,454	5,456	5,509	5,478	5,654	5,443	5,382	5,382	0,610	0,837	5,792	3,339	1,297
9	2441	5,985	5,48	5,452	5,463	5,447	5,461	5,517	5,364	5,364	0,623	0,849	5,866	3,511	1,297
10. SvanaugElise															
№	D, T	T, M	l _{d30}	l _{d40}	l _{d(30,40)}	l _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, M}	Z _{c, M}	k _{sdl} *
1	1700	4,341	5,858	5,884	5,969	6,222	6,442	5,853	6,442	5,853	0,515	0,723	6,202	2,567	1,284
2	1901	4,686	5,869	5,92	6,038	6,2	6,423	5,835	6,423	5,835	0,534	0,727	6,184	2,773	1,284
3	2102	5,018	5,898	5,965	6,104	6,174	6,407	5,849	6,375	5,849	0,551	0,730	6,198	2,972	1,284
4	2303	5,34	5,937	6,011	6,161	6,158	6,465	5,881	6,375	5,881	0,568	0,748	6,231	3,164	1,284
5	2504	5,656	5,977	6,051	6,201	6,196	6,506	5,919	6,356	5,919	0,583	0,760	6,268	3,352	1,284
6	2705	5,969	6,015	6,084	6,226	6,218	6,531	5,961	6,349	5,961	0,596	0,773	6,310	3,535	1,284
7	2906	6,281	6,052	6,108	6,234	6,221	6,537	6,008	6,353	6,008	0,609	0,801	6,357	3,714	1,284
8	3107	6,591	6,088	6,124	6,221	6,209	6,522	6,061	6,354	6,061	0,62	0,816	6,410	3,890	1,284
9	3308	6,9	6,118	6,128	6,192	6,178	6,393	6,119	6,342	6,118	0,638	0,825	6,468	4,063	1,284
11. Hargun															
№	D, T	T, M	l _{d30}	l _{d40}	l _{d(30,40)}	l _{max}	θ _{max}	h ₀	θ _v	Z _{gkr}	δ	α	Z _{m, M}	Z _{c, M}	k _{sdl} *
1	1800	4,268	5,738	5,774	5,873	6,374	6,585	5,818	6,585	5,738	0,544	0,769	6,167	2,468	1,361
2	2023	4,626	5,786	5,836	5,954	6,34	6,556	5,829	6,556	5,786	0,564	0,78	6,177	2,686	1,361
3	2246	4,968	5,835	5,9	6,036	6,307	6,531	5,863	6,53	5,835	0,583	0,795	6,211	2,895	1,361
4	2468	5,298	5,88	5,958	6,113	6,284	6,514	5,9	6,514	5,88	0,601	0,82	6,249	3,097	1,361
5	2691	5,623	5,919	6,006	6,173	6,263	6,501	5,914	6,493	5,914	0,617	0,836	6,262	3,293	1,361
6	2914	5,945	5,957	6,045	6,213	6,266	6,534	5,929	6,468	5,929	0,632	0,848	6,277	3,483	1,361
7	3137	6,266	5,994	6,077	6,238	6,278	6,552	5,955	6,444	5,955	0,645	0,856	6,303	3,670	1,361
8	3359	6,584	6,031	6,103	6,249	6,273	6,554	5,994	6,429	5,994	0,658	0,863	6,342	3,852	1,361
9	3582	6,901	6,066	6,123	6,249	6,252	6,552	6,045	6,425	6,045	0,669	0,868	6,393	4,032	1,361

Приложение Г

Расчет для задачи анализа влияния основных характеристик НРС на их
эффективности

Таблица Г.1

Судно	Sildas kjaer	Solvae- rskjaer	Julianne III	Silva Nova	Nora fjell	Clip perton	Vero nica	Paula	Libas	Svana ugElise	Har gun
D, т	626,3	966,3	1745	1456	1510	2052	3010	3001	2441	3308	3582
N _{gd} , кВт	1050	1319	3000	2460	2400	2031	3975	3460	2640	3460	3840
η _{gd}	1,68	1,37	1,72	1,69	1,59	0,99	1,32	1,15	1,08	1,05	1,07
P _{grz} , т	195	368	584	535	570	1023	1580	1430	1200	1550	1700
η _{gr}	0,311	0,381	0,335	0,367	0,377	0,499	0,525	0,477	0,492	0,469	0,475
K_{sb}	Эффективность капиталовложения, F_{кап} % при K_{sb} =0,02-0,14										
0,02	-23,95	-20,28	-14,12	-13,66	-17,23	-17,06	-18,36	-25,70	-16,01	-18,53	-22,79
0,04	16,05	11,20	20,10	33,58	25,58	25,08	18,33	6,46	18,91	13,04	5,23
0,06	39,92	42,68	44,76	74,58	66,37	67,23	55,03	38,62	53,83	44,60	33,24
0,08	53,90	63,80	58,54	95,43	87,69	109,38	91,72	70,78	88,75	76,16	61,25
0,10	64,15	77,62	68,85	111,17	104,14	151,53	128,41	102,95	123,67	107,73	89,26
0,12	72,00	88,74	76,85	123,47	117,22	193,68	165,10	135,11	158,59	139,29	117,27
0,14	78,19	97,90	83,25	133,35	127,86	231,95	187,60	152,88	182,16	166,06	145,29
K_{sb}	Относительная производительность судна, K_q =Q_{gr}/S_{kr} при K_{sb} =0,02-0,14										
0,02	0,43	0,34	0,37	0,51	0,46	0,46	0,40	0,35	0,38	0,34	0,30
0,04	0,86	0,68	0,74	1,02	0,92	0,91	0,79	0,69	0,75	0,68	0,60
0,06	1,11	1,02	1,00	1,46	1,36	1,37	1,19	1,04	1,13	1,02	0,91
0,08	1,26	1,24	1,14	1,67	1,58	1,82	1,58	1,39	1,51	1,36	1,21
0,10	1,36	1,39	1,25	1,84	1,75	2,28	1,98	1,74	1,89	1,70	1,51
0,12	1,44	1,50	1,33	1,96	1,89	2,73	2,38	2,08	2,26	2,04	1,81
0,14	1,50	1,60	1,39	2,06	2,00	3,14	2,62	2,27	2,51	2,33	2,12
K_{sb}	Относительные эксплуатационные затраты, K_c =C_{sr}/C_{sr} при K_{sb} =0,02-0,14										
0,02	0,67	0,54	0,51	0,65	0,63	0,63	0,58	0,60	0,54	0,53	0,53
0,04	0,70	0,57	0,54	0,68	0,67	0,66	0,61	0,63	0,57	0,55	0,55
0,06	0,71	0,59	0,55	0,71	0,70	0,69	0,64	0,66	0,59	0,58	0,58
0,08	0,72	0,60	0,56	0,72	0,71	0,73	0,67	0,68	0,62	0,60	0,60
0,10	0,72	0,61	0,56	0,72	0,71	0,76	0,70	0,71	0,65	0,63	0,62
0,12	0,72	0,61	0,56	0,73	0,72	0,79	0,73	0,73	0,68	0,65	0,64
0,14	0,72	0,62	0,56	0,73	0,72	0,82	0,74	0,74	0,69	0,67	0,66
K_{sb}	Коэффициент загрузки K_{zagr}, при K_{sb} =0,02-0,14										
0,02	0,45	0,30	0,41	0,37	0,35	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,14
0,04	0,90	0,61	0,83	0,74	0,69	0,29	0,32	0,33	0,32	0,30	0,28
0,06	1,00	0,91	1,00	1,00	1,00	0,44	0,48	0,49	0,48	0,45	0,43
0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,59	0,64	0,66	0,63	0,60	0,57
0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,74	0,80	0,82	0,79	0,75	0,71
0,12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,96	0,99	0,95	0,90	0,85
0,14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Приложение Д

Расчет для задачи оптимизационного исследования характеристик НРС

Таблица Д.1

Эффективность у исходных судов при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,05$											
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Судно	Sildas kjaer	Solvae- rskjaer	Julia- ne III	Silva Nova	Nora fjell	Clip perton	Vero nica	Paula	Libas	Svana- ug Elise	Har gun
D_i, T	626	966	1745	1456	1510	2052	3010	3001	2441	3308	3582
$N_{gdi}, кВт$	1050	1319	3000	2460	2400	2031	3975	3460	2640	3460	3840
η_{gdi}	1,68	1,37	1,72	1,69	1,59	0,99	1,32	1,15	1,08	1,05	1,07
F_{kapi}	-4,12	-6,76	-0,23	5,97	-3,42	-0,46	2,38	-9,44	-3,38	-6,72	-7,43
K_{zagri}	0,63	0,43	0,64	0,57	0,52	0,24	0,32	0,30	0,27	0,28	0,29
Эффективность у оптимизированных судов (K_{qo}, K_{qm}) при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,05$											
D, T	512,9	702,6	1396	1135	1143	1448	2035	2114	1747	2417	2599
η_{gd}	1,68	1,37	1,72	1,69	1,59	0,99	1,32	1,15	1,08	1,05	1,07
F_{kap}	64,34	63,61	67,79	81,41	75,69	93,90	100,65	81,58	88,59	85,44	80,15
K_{zagr}	1,00	0,78	1,00	1,00	0,97	1,00	0,99	0,94	1,00	0,98	0,98
K_{qo}	0,72	1,00	0,74	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qm}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,26	0,34	0,38	0,39	0,38
Эффективность у оптимизированных судов (K_{qo}, K_{qm}, N_{gd}) при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,05$											
D_i, T	496,8	739,2	1356	1105	1150	1450	2045	2138	1758	2417	2613
$N_{gd1}, кВт$	920	1469	2660	2200	2430	1830	3000	3630	1900	3450	3906
η_{gd1}	1,85	1,99	1,96	1,99	2,11	1,26	1,47	1,70	1,08	1,43	1,50
F_{kap}	68,04	67,48	72,01	85,62	75,69	94,70	100,77	82,80	90,41	85,56	80,49
K_{zagr}	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	1,00
K_{qo}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qm}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,46	0,32	0,55	0,40	0,37
Эффективность у исходных судов при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,05$											
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Судно	Sildas kjaer	Solvae- rskjaer	Julia- ne III	Silva Nova	Nora fjell	Clip perton	Vero nica	Paula	Libas	Svana- ug Elise	Har gun
D_i, T	626	966	1745	1456	1510	2052	3010	3001	2441	3308	3582
F_{kapi}	-36,10	-29,60	-27,56	-28,86	-29,20	-28,40	-28,33	-30,00	-28,90	-28,90	-29,03
K_{zagri}	0,13	0,09	0,13	0,11	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06
Эффективность у оптимизированных судов (K_{qo}, K_{qm}) при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,01$											
D, T	523,2	766,9	1346	1166	1208	1518	2175	2245	1832	2541	2730
η_{gd}	2,01	1,72	2,09	2,11	2,01	1,34	1,83	1,54	1,44	1,36	1,41
F_{kap}	-4,05	-2,89	0,30	4,15	-0,25	6,07	8,43	1,23	5,28	3,40	1,03
K_{zagr}	1,00	0,99	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qo}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qm}	0,63	0,68	0,63	0,63	0,66	0,73	0,73	0,72	0,73	0,73	0,73

Окончание таблицы Д.1

Эффективность у исходных судов при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,03$											
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Судно	Sildas kjaer	Solvae- rskjaer	Julia- ne III	Silva Nova	Nora fjell	Clip perton	Vero nica	Paula	Libas	Svana- ug Elise	Har gun
D_i, T	626	966	1745	1456	1510	2052	3010	3001	2441	3308	3582
F_{kapi}	-19,61	-18,20	-13,90	-11,45	-16,30	-14,43	-12,98	-19,74	-16,16	-17,80	-18,23
K_{zagri}	0,38	0,26	0,38	0,34	0,31	0,15	0,19	0,18	0,16	0,17	0,17
Эффективность у оптимизированных судов (K_{qo}, K_{qm}) при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,03$											
D, T	509,8	749,8	1397	1131	1175	1495	2110	2214	1807	2497	2699
η_{gd}	2,06	1,76	2,15	2,17	2,07	1,36	1,88	1,56	1,46	1,39	1,42
F_{kap}	36,53	36,17	39,03	49,88	40,98	63,38	66,91	51,60	59,63	55,80	51,24
K_{zagr}	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00
K_{qo}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qm}	0,21	0,41	0,23	0,24	0,33	0,59	0,51	0,56	0,58	0,58	0,58
Эффективность у исходных судов при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,07$											
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Судно	Sildas kjaer	Solvae- rskjaer	Julia- ne III	Silva Nova	Nora fjell	Clip perton	Vero nica	Paula	Libas	Svana- ug Elise	Har gun
D_i, T	626	966	1745	1456	1510	2052	3010	3001	2441	3308	3582
F_{kapi}	11,40	4,67	13,44	23,39	9,48	13,50	17,73	0,86	9,40	4,38	3,37
K_{zagri}	0,89	0,60	0,90	0,79	0,73	0,34	0,44	0,43	0,38	0,39	0,40
Эффективность у оптимизированных судов (K_{qo}, K_{qm}) при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,07$											
D, T	512,8	738	1387	1132	1168	1416	1981	1936	1707	2169	2333
η_{gd}	2,048	1,787	2,163	2,173	2,08	1,434	2,006	1,788	1,547	1,595	1,646
F_{kap}	74,15	88,75	75,86	91,5	91,94	118,8	137,5	119,8	113,5	112,6	110,1
K_{zagr}	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,73	1,00	0,67	0,67
K_{qo}	0,53	0,74	0,58	0,57	0,62	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qm}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00
Эффективность у исходных судов при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,09$											
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Судно	Sildas kjaer	Solvae- rskjaer	Julia- ne III	Silva Nova	Nora fjell	Clip perton	Vero nica	Paula	Libas	Svana- ug Elise	Har gun
D_i, T	626	966	1745	1456	1510	2052	3010	3001	2441	3308	3582
F_{kapi}	21,21	16,11	21,80	39,87	22,38	27,47	33,10	11,16	22,17	15,47	14,17
K_{zagri}	1,00	0,77	1,00	1,00	0,93	0,44	0,57	0,55	0,49	0,50	0,51
Эффективность у оптимизированных судов (K_{qo}, K_{qm}) при $T_{xz}=3$ сут. и $K_{sb}=0,09$											
D, T	509,3	740	1372	1120	1154	1400	2049	2075	1695	2334	2517
η_{gd}	2,06	1,78	2,19	2,20	2,11	1,45	1,94	1,67	1,56	1,48	1,53
F_{kap}	76,49	98,77	77,57	93,65	95,68	148,97	163,50	150,50	142,02	145,80	142,66
K_{zagr}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,98	0,98
K_{qo}	0,46	0,57	0,51	0,50	0,55	1,00	0,68	0,92	0,93	1,00	1,00
K_{qm}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица Д.2

Jullian III ($D_i=1745\text{т}$, $N_{gd}=3000\text{кВт}$)						SilvaNova ($D_i=1456\text{т}$, $N_{gd}=2460\text{кВт}$)						Clipperton ($D_i=2052\text{т}$, $N_{gd}=2031\text{кВт}$)					
Расчет для исходного судна																	
T_{xrz}	1	2	3	4	5	T_{xrz}	1	2	3	4	5	T_{xrz}	1	2	3	4	5
F_{kapi}	-25,59	-10,72	-0,23	7,53	9,54	F_{kapi}	-26,37	-7,22	5,97	15,60	21,25	F_{kapi}	-26,60	-11,12	-0,46	7,33	13,27
K_{zagri}	0,09	0,36	0,64	0,92	1,00	K_{zagri}	0,07	0,32	0,57	0,82	1,00	K_{zagri}	0,03	0,14	0,24	0,35	0,46
Расчет для оптимизируемого судна при $K_{отх}=1$																	
T_{xrz}	1	2	3	4	5	T_{xrz}	1	2	3	4	5	T_{xrz}	1	2	3	4	5
D	1290	1342	1395	1406	1406	D	1033	1087	1135	1147	1147	D	1414	1429,7	1448	1456,7	1469,9
F_{kap}	5,00	44,33	67,79	69,67	69,67	F_{kap}	10,01	54,59	81,41	84,35	84,35	F_{kap}	68,80	81,30	93,90	107,00	120,96
K_{zagr}	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	K_{zagr}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	K_{zagr}	1,00	0,99	1,00	0,99	0,99
K_{qo}	1,00	1,00	0,74	0,67	0,67	K_{qo}	1,00	1,00	0,75	0,69	0,66	K_{qo}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qm}	0,47	0,11	0,00	0,00	0,00	K_{qm}	0,50	0,12	0,00	0,00	0,00	K_{qm}	0,75	0,56	0,40	0,24	0,10
η_{gd}	2,33	2,23	2,15	2,13	2,13	η_{gd}	2,38	2,26	2,17	2,15	2,15	η_{gd}	1,44	1,42	1,40	1,35	1,38
Расчет для оптимизируемого судна при $K_{отх}=0$																	
T_{xrz}	1	2	3	4	5	T_{xrz}	1	2	3	4	5	T_{xrz}	1	2	3	4	5
D	1278	1316	1355	1370	1370	D	1020	1065	1102	1116	1116	D	1373	1387,4	1399	1409,8	1417,4
F_{kap}	5,51	43,93	70,06	73,59	73,59	F_{kap}	10,53	54,76	83,40	88,84	88,84	F_{kap}	70,80	82,91	94,30	106,60	119,23
K_{zagr}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	K_{zagr}	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	K_{zagr}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qo}	1,00	1,00	0,80	0,69	0,69	K_{qo}	1,00	1,00	0,82	0,69	0,69	K_{qo}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K_{qm}	0,49	0,14	0,00	0,00	0,00	K_{qm}	0,51	0,15	0,00	0,00	0,00	K_{qm}	0,76	0,58	0,43	0,29	0,15
η_{gd}	2,35	2,28	2,21	2,19	2,19	η_{gd}	2,41	2,30	2,23	2,21	2,21	η_{gd}	1,48	1,46	1,45	1,44	1,43

Приложение Е

«Программа оптимизации характеристик морских наливных рыболовных судов способом постоянных размерений (MoHPC)»

MIPPC – JulianeIII	25-12-2019	Kρ := 0.976	θ := 0.001	γtp := 0.85
ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА				
Входные данные				
D := 1745	Pgrnz := 584	Psb := 0	wpgrn := 1.03	Ktarn := 1.25
Dwz := 750	Pgrsz := 0	Qobrz := 0	wpgrs := 2.2	Ktars := 1.1
Lp := 33.3	Pgrmz := 0	Qmorz := 0	wpgrm := 2	Ktarm := 1.03
Lk := 35.23	Pgrkz := 0	Qkz := 0	wpgrk := 1.8	Ktark := 1.05
B := 12	Pgrzz := 0	Qzz := 0	wpgrz := 1.03	Ktarz := 1
H := 7.8	Potxz := 0	Qkotz := .1	Kz := 0.02	Ktaro := 1
Hn := 5.3	Ppvz := 35	Qopr := 0	Krefn := 1	Sn := 0.164
T := 6.63	Ptpz := 187	Kobr := 0.8	Krefm := 0.6	Ksdl := 1.04
Ngd := 3000	ptp1z := 0	pekz := 10	Krefs := 0.3	Cv := 0.986
Ndg := 910	vs := -13.9	Rpr := 250	Kn := 1.04	δ := 0.643
Nwg := 1750.4	atl := 0.17	Ksb := 0.05	Kizn := 1.15	α := 0.889
Ntlz := 0	Sort := 0.95	Kprs := 1	ptb := 0	β := 0.893
Nrefz := 600	Nek := 12	Ce := 1.25	wzb := 0.02	h := 0.6
Co0 := 68600	Kek := 0	Kotx := 1		Kgr := 1
				Kzarpz := 0.25
Dw := (0.432 + D · 10 ⁻⁵) · D = 784.29				
				Dw _{www} := $\begin{cases} Dwz & \text{if } Dwz > 0 \\ Dw & \text{otherwise} \end{cases}$
V := Kρ · D = 1703.12		l := Lp · √[3]{V ⁻¹ } = 2.79		Dp := D - Dw = 995
δ := V · (Lp · B · T) ⁻¹ = 0.643		χ := δ · α ⁻¹ = 0.72	ηDwr := 0.432 + D · 10 ⁻⁵ = 0.45	
Ht := H · T ⁻¹ = 1.18		xn := α · δ ⁻¹ = 1.38	ηDwi := Dw · D ⁻¹ = 0.43	ηDpi := Dp · D ⁻¹ = 0.57
Hp := H · (1 + Sn) = 9.08		Mh := Lp · B · H = 3116.88	Mp := Lp · B · Hp = 3628.05	
Vk := Cv · Ksdl · D · Ht ^{xn} = 2240.34		VkD := Vk · D ⁻¹ = 1.28	δk := Vk · Mh ⁻¹ = 0.72	
Ws := Vk · (1 + Sn) = 2607.75		WsD := Ws · D ⁻¹ = 1.49		dNek := Kek · (Qmorz + Qobrz) · 20 ⁻¹ = 0
Параметры энерговооруженности судна				
Co1 := vs ⁷ · Ngd ⁻¹ = -33418.15				Nek := Nek + dNek = 12
Co := $\begin{cases} Co1 & \text{if } vs > 0 \\ Co0 & \text{otherwise} \end{cases}$		vs := √[7]{Co · Ngd} = 15.4		NkD := Ngd · D ⁻¹ = 1.72
		Co = 68600		Fr := 0.1644 · vs · Lk ^{-0.5} = 0.43
Nses := Ndg + Nwg = 2660.4		Ngdd := Ndg + Ndg = 3910		vss := vs · (0.82 + 0.01 · vs) = 15
Nref0 := Krefn · Pgrnz + Krefs · Pgrsz + 5.62 · Qmorz + Krefm · Pgrmz = 584		Nref = 600		Kndg := Ndg · Nses ⁻¹ = 0.34
Nref := $\begin{cases} Nrefz & \text{if } Nrefz > 0 \\ Nref0 & \text{otherwise} \end{cases}$		Kref := Nref · Nref0 ⁻¹ = 1.027		Ns := Ngd + Nses = 5660.4
Ntlr := atl · Ngd = 510		Ntl := $\begin{cases} Ntlz & \text{if } Ntlz > 0 \\ Ntlr & \text{otherwise} \end{cases}$		Ntl = 510
Бюджет времени рейса				
Tx := Rpr · (24 · vss) ⁻¹ = 0.69		Tmz := 0.1 · Avtz = 1.1		atl _{www} := Ntl · Ngd ⁻¹ = 0.17
Tlxrmz := (Txrrz - Tx) = 2.31		Tltp0 := (Avtz - Tv) = 8.51		Tv := 2 · Tx + Tmz = 2.49
Kzapr := (Tx + Tmz) · Avtz ⁻¹ = 0.16		Kzap := (Kzarpz - Kzapr)		Trgr := Pgrnz · (50 · 24) ⁻¹ = 0.49
Nep := 0.04 · D + 0.041 · Ngd + Nref + Qobrz + 5.62 · Qmorz + pekz · (Qkz + Qzz) = 792.8				Kzap := max(Kzarpz) = 0.25
ptpo := 4.5 · θ · (Ngd + Nep) + 0.064 · Qkotz = 17.07				Ndg = 910
ptp1R := 0.9 · Ptpz · Avtz ⁻¹ = 15.3				Cdt := Ptpz · (ptpo · Avtz) ⁻¹ = 1
Rses := Nses · (Nep + Ntl) ⁻¹ = 2.04		ptp1 := $\begin{cases} ptp1z & \text{if } ptp1z > 0 \\ ptp1R & \text{otherwise} \end{cases}$		ptp1 = 15.3
Вместимость судна, его параметры и составляющие				
Cwosn := 1	Cwek := 1	Cwmk := 1	Cwrc := 1	Cwagr := 1
wosn := 0.11	wek := 36	wmk := 0.13	wrc := 2.5	wagr := 0.106
wkot := 5.5	wQk := 10	wQz := 10	wrmu := 10.4	Cwref := 1
				Cwsn := 1
				wref := 0.178
				wsn := 0.03

$$\begin{aligned}
P_{sobr1} &:= P_{obr10} - P_{mobr1} = 0 & P_{mn1} &:= Q_{mor1} - P_{mobr1} = 0 \\
P_{m1} &:= P_{mobr1} + P_{mn1} = 0 & P_{n1} &:= P_{n10} - P_{mn1} = 142.5 & P_{oxl1} &:= P_{sobr1} + P_{n1} = 142.5 \\
P_{pr01} &:= P_{sobr1} + P_{mobr1} + P_{mn1} + P_{k1} + P_{z1} + O_{txrc1} = 0 \\
P_{pr1} &:= P_{pr01} + P_{n1} = 142.5 & U_2 &:= 142.5 & W_{grS} &:= 691.75 \\
W_{n1} &:= P_{n1} \cdot w_{pgrn} \cdot K_{tarn} \cdot K_{izn} = 210.99 & W_{k1} &:= P_{k1} \cdot w_{pgrk} \cdot K_{tark} \cdot K_{izn} = 0 \\
W_{so1} &:= P_{sobr1} \cdot w_{pgrs} \cdot K_{tars} \cdot K_{izn} = 0 & W_{z1} &:= P_{z1} \cdot w_{pgrz} \cdot K_{tartz} \cdot K_n = 0 \\
W_{m1} &:= P_{m1} \cdot w_{pgrm} \cdot K_{tarm} \cdot K_{izn} = 0 & W_{otx1} &:= O_{txrc1} \cdot K_{taro} \cdot K_n = 0 \\
W_{prS01} &:= W_{so1} + W_{m1} + W_{k1} + W_{z1} + W_{otx1} = 0 & W_{prS1} &:= W_{prS01} + W_{n1} = 210.99
\end{aligned}$$

Время на лову

$$\begin{aligned}
T_{lo} &:= (W_{grS} \cdot W_{prS1}^{-1}) \cdot K_{sht} = 3.61 & T_{ltp} &:= T_{lo} = 3.61 & K_{oxl} &:= P_{m1} \cdot P_{oxl10}^{-1} = 0 \\
& & T_{ltp0} &:= 8.51 & T_{lxrnz} &:= 2.31 \\
K_{txr} &:= \begin{cases} 10 & \text{if } K_{oxl} \geq 1 \\ (1 - K_{oxl})^{-1} & \text{otherwise} \end{cases} & K_{txr} &:= 1 & T_{lxrn} &:= K_{txr} \cdot T_{lxrnz} = 2.31
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{lf} &:= \min(T_{lo}, T_{lxrn}) = 2.31 & T_l &:= T_{lf} \cdot K_{sht}^{-1} = 2.1 & K_{zagri} &:= W_{prS1} \cdot T_l \cdot W_{grS}^{-1} = 0.64 \\
A_{vtr} &:= T_v + T_{lo} = 6.09 & T_r &:= A_{vtr} + T_{sp} = 8.09
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{vti} &:= T_v + T_{lf} = 4.79 & T_{ri} &:= A_{vti} + T_{sp} = 6.79 & dT_l &:= T_{lf} \cdot A_{vtr}^{-1} = 0.38
\end{aligned}$$

Продукция за рейс

$$\begin{aligned}
P_{nR0} &:= P_{n1} \cdot T_l = 298.7 & P_{ulR} &:= U_1 \cdot T_l = 298.7 & P_{ulRv} &:= P_{ul1} \cdot T_l = 314.42 \\
P_{pr0tl} &:= P_{pr01} \cdot T_l = 0 & P_{pr1tl} &:= (P_{pr01} + P_{n1}) \cdot T_l = 298.7 \\
T_{xv} &:= \begin{cases} T_l \cdot W_{n1} \cdot W_{prS01}^{-1} & \text{if } W_{prS01} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & T_{lx} &:= \begin{cases} T_l + T_{xv} & \text{if } T_x > T_{xv} \\ T_l + T_x & \text{otherwise} \end{cases} \\
& & T_{lx} &:= 2.1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{mR} &:= P_{m1} \cdot T_{lx} = 0 & O_{txR} &:= O_{txrc1} \cdot T_{lx} = 0 \\
P_{mobrR} &:= P_{mobr1} \cdot T_{lx} = 0 & K_{prtx} &:= \frac{SumP0}{P_{pr0tl}} = \blacksquare \\
P_{mnR} &:= P_{mn1} \cdot T_{lx} = 0 & P_{kR} &:= P_{k1} \cdot T_{lx} = 0 & W_{otx} &:= W_{otx1} \cdot T_{lx} = 0 \\
P_{sobrR} &:= P_{sobr1} \cdot T_{lx} = 0 & P_{zR} &:= P_{z1} \cdot T_{lx} = 0 & W_n &:= W_{prS1} \cdot T_l - SumW0 = 442.262 \\
SumP0 &:= P_{mR} + P_{sobrR} + P_{kR} + P_{zR} + O_{txR} = 0 & W_k &:= W_{k1} \cdot T_{lx} = 0 & P_{prR} &:= SumP0 + P_{nR} = 298.7 \\
W_{so} &:= W_{so1} \cdot T_{lx} = 0 & W_z &:= W_{z1} \cdot T_{lx} = 0 \\
W_m &:= W_{m1} \cdot T_{lx} = 0 \\
SumW0 &:= W_m + W_{so} + W_k + W_z + W_{otx} = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{nR} &:= W_n \cdot (w_{pgrn} \cdot K_{tarn} \cdot K_{izn})^{-1} = 298.699 & P_{tpR} &:= P_{tpz} - P_{tpR} = 113.65 \\
P_{tpR} &:= p_{tp1} \cdot A_{vti} = 73.35 & \eta P_{tpz} &:= OstP_{tp} \cdot P_{tpz}^{-1} \cdot 100 & \eta P_{tpz} &:= 60.77
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{tpz} &:= 187 & K_{zap} &:= 0.25 & \eta P_{tpz} &:= 60.77 \\
\text{ИТОГО} & & P_{nR} &:= 298.699 & P_{mR} &:= 0 & P_{mnR} &:= 0 & P_{mobrR} &:= 0 \\
P_{ulR} &:= 298.7 & P_{sobrR} &:= 0 & P_{kR} &:= 0 & P_{zR} &:= 0 & O_{txR} &:= 0 \\
T_r &:= 8.09 & T_l &:= 2.1 & T_x &:= 0.69 & A_{vtz} &:= 11 & P_{prR} &:= 298.7 & A_{vti} &:= 4.79 \\
T_{lxrn} &:= 2.31 & T_{ltp} &:= 3.61 & T_{lx} &:= 2.1 & A_{vtr} &:= 6.09 & T_r &:= T_{ri} = 6.79
\end{aligned}$$

Оценки стоимости исходного судна и на период его рейса:

$$\begin{aligned}
P_{mo} &:= P_{gm} + P_{wg} + P_{ref} + P_{pr} + P_{rc} = 372.36 & D_{ps} &:= D_p - P_{mo} = 622.64 & N_{ss} &:= N_s + N_{ref} = 6260.4 \\
S_k &:= C_{sk} \cdot (C_{dp} \cdot D_{ps} + C_{nm} \cdot N_{ss} + C_{so} \cdot Q_{obr} + C_{sm} \cdot Q_{mor}) = 17458.36 \\
S_{kr} &:= S_k \cdot T_r \cdot 365^{-1} = 324.98
\end{aligned}$$

Стоимости продукции:

$$\begin{aligned}
S_{mo} &:= P_{mobrR} \cdot C_{om} = 0 & S_{kp} &:= P_{kR} \cdot C_k = 0 \\
S_{nn} &:= P_{nR} \cdot C_{ns} = 298.699 & S_{mn} &:= P_{mnR} \cdot C_{nm} = 0 & S_z &:= P_{zR} \cdot C_z = 0 \\
S_{so} &:= P_{sobrR} \cdot C_{os} = 0 & S_{otx} &:= O_{txR} \cdot C_{otx} = 0 \\
S_{Ri} &:= K_{st} \cdot \theta \cdot (S_{nn} + S_{so} + S_{mo} + S_{mn} + S_{kp} + S_z + S_{otx}) = 119.48
\end{aligned}$$

Эксплуатационных затрат:

$$\begin{aligned}
S_{R1r} &:= \frac{S_{Ri}}{T_r} = 17.59 & S_{R1u} &:= \frac{S_{Ri}}{P_{n1R}} = 0.4 & P_{tp1U} &:= \frac{P_{tpR}}{P_{n1R} \cdot \theta} = 245.57 \\
C_{tpR} &:= C_{tp} \cdot P_{tpR} \cdot \theta = 44.01 & C_{zplR} &:= C_{m1} \cdot N_{ek} \cdot T_r \cdot \theta = 8.15 & C_{pitR} &:= C_{pit} \cdot N_{ek} \cdot T_r \cdot \theta = 0.82 \\
C_{olR} &:= C_{ol} \cdot P_{ulR} \cdot \theta = 5.97 & C_{tarr} &:= C_{tar} \cdot S_{Ri} = 1.19 & C_{licR} &:= C_{lic} \cdot P_{ulR} \cdot \theta = 1.19 \\
C_{nalR} &:= C_{nal} \cdot C_{zplR} = 2.45 & C_{amR} &:= C_{am} \cdot S_{kr} = 55.25 \\
C_{sRi} &:= K_{cs} \cdot (C_{tpR} + C_{pitR} + C_{zplR} + C_{nalR} + C_{tarr} + C_{olR} + C_{licR} + C_{amR}) = 120.226
\end{aligned}$$

$$\text{Экономических показателей: } F_{rezRi} := S_{Ri} - C_{sRi} = -0.75 \quad F_{kapi} := 100 F_{rezRi} \cdot S_{kr}^{-1} = -0.23$$

$F1r := \text{FrezRi} \cdot \text{Tr}^{-1} = -0.11$ $F1U := \text{FrezRi} \cdot \text{PulR}^{-1} = -0$ $F1er := \text{FrezRi} \cdot (\text{Nek} \cdot \text{Tr})^{-1} = -0.01$
 $\text{Sebi} := \text{CsRi} \cdot \text{SRi}^{-1} = 1.01$ $\text{Toki} := 100 \cdot \text{Fkapi}^{-1} = -435.73$
 Pgrnzi := Pgrnz Di := D Skri := Skr Qobrzi := Qobrz Kzapzi := Kzapz
 Pgrszi := Pgrsz Dwi := Dw ptpli := ptpl Qmorzi := Qmorz Kzapri := Kzapr
 Pgrmzi := Pgrmz Dpi := Dp Ptpzi := Ptpz Qkzi := Qkz Tltpi := Tltp
 Pgrkzi := Pgrkz Ti := T ptpoi := ptpo Qzzi := Qzz Tlxrni := Tlxrn
 Pgrzzi := Pgrzz Nsesi := Nses ηPtpzi := ηPtpz WgrSi := WgrS Tloi := Tlo
 Potxz := Potxz Nrefi := Nref Avtzi := Avtz Uli := U1 Tli := Tl
 PulRi := PulR Ngdi := Ngd Avtri := Avtr Tlxi := Tlx TTri := Tr
 Dpsi := Dps Neki := Nek Qkli := Qkl Qobrli := Qobr1 Tlfi := Tlf
 Nssi := Nss Ski := Sk Qzli := Qz1 Qmorli := Qmor1 dTli := dTl
 NkDi := NkD

ТЗ ПРОЕКТА

$D = 1745$ $\text{Pgrnz} := 584$ $\text{K}\rho := 0.976$ $\theta := 0.001$ $\gamma_{tp} := 0.85$
 $\text{Ngd} = 3000$ $\text{Pgrsz} := 0$ $\text{Kqo} := 0.74$ $\text{Ktarn} = 1.25$ $\text{Cns} = 1$ $\text{Ctp} = 600$
 $\text{Co} = 68600$ $\text{Pgrmz} := 0$ $\text{Kqm} := 0$ $\text{Ktars} = 1.1$ $\text{Cnm} = 1.2$ $\text{Cm1} = 100$
 $\text{Rses} = 2.04$ $\text{Pgrkz} := 0$ $\text{Qkz} := 0$ $\text{Ktarm} = 1.03$ $\text{Com} = 3$ $\text{Cpit} = 10$
 $\text{Cdt} = 1$ $\text{Pgrzz} := 0$ $\text{Qzz} := 0$ $\text{Ktark} = 1.05$ $\text{Ck} = 15$ $\text{Cnal} = 0.3$
 $\text{Kispt} = 1.12$ $\text{Potxz} := 0$ $\text{Kobr} = 0.8$ $\text{Ktarz} = 1$ $\text{Cz} = 5$ $\text{Col} = 20$
 $\text{Kndg} = 0.34$ $\text{dWs} = -56.39$ $\text{pekz} = 10$ $\text{Kn} = 1.04$ $\text{Ktaro} = 1$ $\text{Cos} = 3.2$ $\text{Clic} = 4$
 $\text{Kref} = 1.03$ $\text{Pzdw} = 47.38$ $\text{Kz} = 0.02$ $\text{Kizn} = 1.15$ $\text{Sn} = 0.16$ $\text{Cotx} = 0.1$ $\text{Cam} = 0.17$
 $\text{Krefn} = 1$ $\text{Pzdp} = 32.9$ $\text{Rpr} = 250$ $\text{ptb} = 0$ $\text{Ksdl} = 1.04$ $\text{Kst} = 400$ $\text{Ctar} = 0.01$
 $\text{Krefs} = 0.3$ $\text{Kws} = -0.022$ $\text{Ce} = 1.25$ $\text{wzb} = 0.02$ $\text{Cv} = 0.99$ $\text{Tsp} = 2$ $\text{Kcs} = 1.01$
 $\text{Krefm} = 0.6$ $\text{pzdw} = 0.027$ $\text{Ksb} = 0.05$ $1 = 2.79$ $\delta = 0.64$ $\text{Ksht} = 1.1$ $\text{CDp} = 1.6$
 $\text{atl} = 0.17$ $\text{pzdp} = 0.02$ $\text{Sort} = 0.95$ $\delta k = 0.72$ $\alpha = 0.89$ $\text{Kgr} = 1$ $\text{CNm} = 1.7$
 $\text{Kprs} = 1$ $\text{Kotx} := 1$ $\text{Kek} := 1$ $\beta = 0.89$ $\text{Txrrz} = 3$ $\text{Csk} = 1.5$
 $\text{Kzapz} = 0.25$ $\text{Avtz} = 11$ $\text{CSo} = 10$
 $\text{CSm} = 10$

$U1 := \text{Ksb} \cdot \text{Ngd} \cdot \text{Kprs} \cdot \text{Sort} = 142.5$

$\text{Qobrz} := \text{Kqo} \cdot U1 = 105.45$ $\text{Qmorz} := \text{Kqm} \cdot U1 = 0$ $\text{dNek} := \text{Kek} \cdot (\text{Qmorz} + \text{Qobrz}) \cdot 50^{-1} = 2.11$

$\text{vs} := \sqrt[7]{\text{Co} \cdot \text{Ngd}} = 15.4$ $\text{V} := \text{K}\rho \cdot D = 1703.12$ $\text{Nek} := \text{Neki} + \text{dNek} = 14.11$

Характеристики энерговооруженности проекта

$\text{Qkot} := \text{Qkot}$

$\text{vss} := \text{vs} \cdot (0.82 + 0.01 \cdot \text{vs}) = 15$ $\text{Fr} := 0.1644 \cdot \text{vs} \cdot \text{Lk}^{-0.5} = 0.43$ $\text{Ntl} := \text{atl} \cdot \text{Ngd} = 510$

$\text{Nref} := (\text{Krefn} \cdot \text{Pgrnz} + \text{Krefs} \cdot \text{Pgrsz} + 5.62 \cdot \text{Qmorz} + \text{Krefm} \cdot \text{Pgrmz}) \cdot \text{Kref} = 600$

$\text{Nep} := 0.04 \cdot D + 0.041 \cdot \text{Ngd} + \text{Nref} + \text{Qobrz} + 5.62 \cdot \text{Qmorz} + \text{pekz} \cdot (\text{Qkz} + \text{Qzz}) = 898.25$

$\text{Nses} := (\text{Nep} + \text{Ntl}) \cdot \text{Rses} = 2875.74$

Бюджет времени рейса

$\text{Ndg} := \text{Kndg} \cdot \text{Nses} = 983.66$

$\text{Tmz} := 0.1 \cdot \text{Avtz} = 1.1$

$\text{Ngdd} := \text{Ngd} + \text{Ndg} = 3983.66$

$\text{Tx} := \text{Rpr} \cdot (24 \cdot \text{vss})^{-1} = 0.69$

$\text{Nwg} := \text{Nses} - \text{Ndg} = 1892.08$

$\text{Ty} := 2 \cdot \text{Tx} + \text{Tmz} = 2.49$

$\text{Ns} := \text{Ngdd} + \text{Nwg} = 5875.74$

$\text{ptpo} := 4.5 \cdot \theta \cdot (\text{Ngd} + \text{Nep}) + 0.064 \cdot \text{Qkot} = 17.55$

$\text{Tlxrni} := (\text{Txrrz} - \text{Tx}) = 2.31$

$\text{ptpl} := \text{ptpo} \cdot \text{Kispt}^{-1} = 15.73$

$\text{Tltp0} := (\text{Avtz} - \text{Ty}) = 8.51$

$\text{Kzapri} := (\text{Tx} + \text{Tmz}) \cdot \text{Avtz}^{-1} = 0.16$

$\text{Ptpm} := 0.9^{-1} \cdot \text{Avtz} \cdot \text{ptpl} = 192.197$

$\text{Ptpz} := \text{Ptpm}$

Составляющие вместимости проекта

$\text{Vk} = 2240.34$

$\text{Cwosn} = 1$ $\text{Cwek} = 1$ $\text{Cwmk} = 1$ $\text{Cwrc} = 1$ $\text{Cwagr} = 1$ $\text{Cwref} = 1$ $\text{Cwsn} = 1$
 $\text{wosn} = 0.11$ $\text{wek} = 36$ $\text{wmk} = 0.13$ $\text{wrc} = 2.5$ $\text{wagr} = 0.11$ $\text{wref} = 0.18$ $\text{wsn} = 0.03$
 $\text{wkot} = 5.5$ $\text{wQk} = 10$ $\text{wQz} = 10$ $\text{pkv} = 2.5$ $\text{ppv} = 0.15$

$\text{Wosn} := \text{wosn} \cdot \text{Vk} = 246.44$

$\text{Wrc} := \text{wrc} \cdot \text{Cwrc} \cdot (\text{Qobrz} + \text{Qmorz} + \text{Qkz} + \text{Qzz}) = 263.63$

$\text{Wagr} := \text{wagr} \cdot \text{Cwagr} \cdot \text{Vk} = 237.48$

$\text{Wsn} := \text{Cwsn} \cdot \text{wsn} \cdot \text{Vk} \cdot \text{Kn} = 69.9$

$\text{Wmk} := \text{Cwmk} \cdot (\text{wmk} \cdot \text{Ngdd} + \text{wkot} \cdot \text{Qkot}) = 518.43$

$\text{Wref} := \text{wref} \cdot \text{Cwref} \cdot \text{Nref} = 106.8$

$\text{Wtp} := \text{Ptpz} \cdot \text{Kn} \cdot \gamma_{tp}^{-1} = 235.16$

$\text{Wek} := 4.121 \cdot \text{Nek}^{0.737} \cdot D^{0.393} = 544.76$

$$\underline{Wpv} := 5 \cdot (ppv \cdot Nek \cdot Kizn + pkv \cdot Qkot \cdot Kn) + dWpv = 38.22 \quad \underline{Wzb} := wzb \cdot Ws \cdot Kn = 54.24$$

$$\underline{Wsp0} := Wosn + Wrc + Wagr + Wsn + Wmk + Wref + Wtp + Wek + Wpv + Wzb + dWs = 2258.66$$

$$\underline{WgrS} := Ws - Wsp0 = 349.09 \quad \underline{WgrV} := \underline{WgrS} \cdot V_k^{-1} = 0.16 \quad Ws = 2607.75$$

$$\underline{WgrS} := \begin{cases} 0.01 & \text{if } \underline{WgrS} \leq 0 \\ \underline{WgrS} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \underline{WgrS} = 349.09$$

Дедвейт проекта

$$Cpsn = 1 \quad psn = 0.02 \quad pek = 0.13 \quad pprov = 0.004 \quad ppv = 0.15 \quad Dwi = 750$$

$$\underline{PgrSz} := \underline{Pgrnz} + \underline{Pgrsz} + \underline{Pgrmz} + \underline{Pgrkz} + \underline{Pgrzz} + \underline{Potxz} = 584 \quad Pzdw = 47.38$$

$$\underline{PgrS} := \underline{PgrSz} \cdot Kgr = 584 \quad \underline{Ptp} := \underline{Ptpz} \cdot Kzap = 48.05$$

$$\underline{Pek} := pek \cdot Nek = 1.76 \quad \underline{Pprov} := pprov \cdot Nek \cdot Avtz \cdot Kzap = 0.14 \quad \eta \underline{PgrS} := \underline{PgrSz} \cdot D^{-1} = 0.33$$

$$\underline{Ppv} := 5ppv \cdot Nek = 10.58 \quad \underline{Pkv} := 5pkv \cdot Qkot = 1.25 \quad \underline{Psn} := psn \cdot Ngd = 60$$

$$\underline{Dw} := \underline{PgrS} + \underline{Pek} + \underline{Ptp} + \underline{Pprov} + \underline{Ppv} + \underline{Pkv} + \underline{Psn} + \underline{Pzdw} = 753.16 \quad dDw := Dw - Dwi = 3.16$$

$$\underline{Dp} := \underline{Dw} - Dwi = 3.16 \quad \underline{Dpi} = 995$$

Dr проекта

$$Cpk = 1 \quad Cpok = 1 \quad Cpgm = 1 \quad pwg = 0.03 \quad pkot = 1.3 \quad Cppr = 1 \quad Cpref = 1 \quad Cprc = 1$$

$$pk = 0.1 \quad pok = 0.06 \quad pagr = 0.1 \quad ppr = 0.04 \quad pref = 0.03 \quad prc = 0.2$$

$$\underline{Pmk} := pk \cdot Cpk \cdot Mp \cdot (1.05 - 18Mp \cdot \theta - \theta) = 357.25 \quad \underline{Pok} := pok \cdot Cpok \cdot Mp = 208.61$$

$$\underline{pgm} := (51.2 - 1.2 \cdot Ngdd \cdot \theta) \cdot \theta = 0.05 \quad \underline{Pgm} := pgm \cdot Cpgm \cdot Ngdd = 184.92$$

$$\underline{Pwg} := pwg \cdot Nwg = 56.76 \quad \underline{Pkot} := pkot \cdot Qkot = 0.13 \quad \underline{Pref} := pref \cdot Cpref \cdot Nref = 18$$

$$\underline{Ppr} := ppr \cdot Cppr \cdot Ngd = 120 \quad \underline{Prc} := prc \cdot Cprc \cdot (Qobr + Qmor + Qkz + Qzz) = 21.09$$

$$\underline{Pagr} := pagr \cdot Wagr = 23.75 \quad \underline{Ptb} := ptb \cdot D = 0 \quad \underline{Pzdp} = 32.9$$

$$\underline{Dp} := \underline{Pmk} + \underline{Pok} + \underline{Pgm} + \underline{Pwg} + \underline{Pkot} + \underline{Pref} + \underline{Ppr} + \underline{Prc} + \underline{Pagr} + \underline{Ptb} + \underline{Pzdp} = 1023.414$$

$$\underline{D} := \underline{Dp} + \underline{Dw} = 1776.58 \quad \eta \underline{Dp} := \underline{Dp} \cdot D^{-1} = 0.58 \quad dDp := \underline{Dp} - \underline{Dpi} = 28.41$$

$$\underline{T} := D \cdot Kp \cdot (Lp \cdot B \cdot \delta)^{-1} = 6.75 \quad \eta \underline{Dw} := \underline{Dw} \cdot D^{-1} = 0.42 \quad dD := D - Di = 31.58$$

$$\underline{NkD} := Ngd \cdot D^{-1} = 1.69$$

Заданной продукции на рейс

$$\underline{Pnz} := \underline{Pgrnz} \cdot Ktarn^{-1} = 467.2 \quad \underline{Pmz} := \underline{Pgrmz} \cdot Ktarm^{-1} = 0$$

$$\underline{Pgz} := \underline{Pgrkz} \cdot Ktark^{-1} = 0 \quad \underline{Psz} := \underline{Pgrsz} \cdot Ktars^{-1} = 0 \quad \underline{Pzz} := \underline{Pgrzz} \cdot Ktarz^{-1} = 0$$

$$\underline{PnrSz} := \underline{Pnz} + \underline{Psz} + \underline{Pmz} + \underline{Pgz} + \underline{Pzz} + \underline{Potxz} = 467.2$$

Среднесуточный вылов

$$\underline{Pul1} := Ksb \cdot Ngd \cdot Kprs = 150 \quad \underline{U1} := \underline{Pul1} \cdot \text{Sort} = 142.5 \quad \underline{Pk1} := Qkz = 0$$

Разделка улова

$$\underline{U2} := U1 - \underline{Pk1} = 142.5 \quad \underline{nSort} := 0 \quad \underline{Ok1} := Qkz$$

$$\underline{Qobr1} := \begin{cases} Qobr & \text{if } Qobr \leq U2 \\ U2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \underline{Qobr1} = 105.45 \quad \underline{Probr1} := \underline{Qobr1} = 105.45$$

$$\underline{Pn10} := U2 - \underline{Probr1} = 37.05 \quad \underline{Otxobr1} := \underline{Probr1} - \underline{Pobr10} = 21.09 \quad \underline{Pz10} := Kz \cdot \underline{Otxobr1} = 0.422$$

$$\underline{Qz1} := (\underline{Pz10} \cdot \underline{Qzz}) \quad \underline{Qz1} := \min(\underline{Qz1}) = 0 \quad \underline{Pz1} := \underline{Qz1} \quad \underline{Otxrc1} := (\underline{Otxobr1} - \underline{Pz1}) \cdot \underline{Kotx} = 21.09$$

Заморозка улова

$$\underline{Kqo} := \underline{Qobr} \cdot U1^{-1} = 0.74 \quad \underline{Kam} := \underline{Qmor} \cdot U1^{-1} = 0$$

$$\underline{Poxl10} := \underline{Pobr10} + \underline{Pn10} = 121.41 \quad \underline{Pm10} := \underline{Poxl10} = 121.41$$

$$\underline{Qmor1} := \begin{cases} \underline{Qmor} & \text{if } \underline{Qmor} \leq \underline{Pm10} \\ \underline{Pm10} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \underline{Qmor1} = 0 \quad \underline{Pmobr1} := \begin{cases} \underline{Pobr10} & \text{if } \underline{Qmor1} \geq \underline{Pobr10} \\ \underline{Qmor1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\underline{Psobr1} := \underline{Pobr10} - \underline{Pmobr1} = 84.36 \quad \underline{Pmnl} := \underline{Qmor1} - \underline{Pmobr1} = 0$$

$$\underline{Pm1} := \underline{Pmobr1} + \underline{Pmnl} = 0 \quad \underline{Pn1} := \underline{Pn10} - \underline{Pmnl} = 37.05 \quad \underline{Poxl1} := \underline{Psobr1} + \underline{Pn1} = 121.41$$

$$\underline{Ppr01} := \underline{Psobr1} + \underline{Pmobr1} + \underline{Pmnl} + \underline{Pk1} + \underline{Pz1} + \underline{Otxrc1} = 105.45$$

$$\underline{Ppr1} := \underline{Ppr01} + \underline{Pn1} = 142.5 \quad U2 = 142.5$$

$$\underline{Wn1} := \underline{Pn1} \cdot wpgrn \cdot Ktarn \cdot Kizn = 54.86$$

$$\underline{Wso1} := \underline{Psobr1} \cdot wpgrs \cdot Ktars \cdot Kizn = 234.77$$

$$\underline{Wm1} := \underline{Pm1} \cdot wpgrm \cdot Ktarm \cdot Kizn = 0$$

$$\underline{WprS01} := \underline{Wso1} + \underline{Wm1} + \underline{Wk1} + \underline{Wz1} + \underline{Wotx1} = 256.71$$

Время на лову

$$\underline{Tlo} := (\underline{WgrS} \cdot \underline{WprS1}^{-1}) \cdot Ksht = 1.23$$

$$\underline{Ktxr} := \begin{cases} 10 & \text{if } \underline{Koxl} \geq 1 \\ (1 - \underline{Koxl})^{-1} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\underline{Tltp} := \underline{Tlo} = 1.23$$

$$\underline{Tltp0} = 8.51$$

$$\underline{Ktxr} = 1$$

$$\underline{Tlfr} := \min(\underline{Tlo}, \underline{Tlfrn}) = 1.23$$

$$\underline{Koxl} := \underline{Pm1} \cdot \underline{Poxl10}^{-1} = 0$$

$$\underline{Tlfrnz} = 2.31$$

$$\underline{Tlfrn} := \underline{Ktxr} \cdot \underline{Tlfrnz} = 2.31$$

$$\underline{Tl} := \underline{Tlfr} \cdot \underline{Ksht}^{-1} = 1.12$$

$$\text{Avtr} := \text{Tv} + \text{Tlo} = 3.72$$

$$\text{Trr} := \text{Avtr} + \text{Tsp} = 5.72$$

$$\text{AvtR} := \text{Tv} + \text{Tlf} = 3.72$$

$$\text{Tr} := \text{AvtR} + \text{Tsp} = 5.72$$

$$\text{Kzagr} := \frac{\text{WprS1} \cdot \text{Tl}}{\text{WgrS}} = 1$$

Продукция за рейс

$$\text{PnR0} := \text{Pn1} \cdot \text{Tl} = 41.51$$

$$\text{Ppr0tl} := \text{Ppr01} \cdot \text{Tl} = 118.15$$

$$\text{PtpR} := \text{ptp1} \cdot \text{AvtR} = 58.51$$

$$\text{dTL} := \text{Tlf} \cdot \text{Avtr}^{-1} = 0.33$$

$$\text{PulR} := \text{U1} \cdot \text{Tl} = 159.67$$

$$\text{Ppr1tl} := (\text{Ppr01} + \text{Pn1}) \cdot \text{Tl} = 159.67$$

$$\text{OstPtp} := \text{Ptpz} - \text{PtpR} = 133.68$$

$$\text{PulRv} := \text{Pul1} \cdot \text{Tl} = 168.07$$

$$\text{nPtpz} := \frac{\text{OstPtp}}{\text{Ptpz}} \cdot 100 = 69.56$$

$$\text{T}_{\text{Xv}} := \begin{cases} \text{Tl} \cdot \text{Wn1} \cdot \text{WprS01}^{-1} & \text{if } \text{WprS01} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Tx} = 0.69$$

$$\text{Tlx} := \begin{cases} \text{Tl} + \text{Txv} & \text{if } \text{Tx} > \text{Txv} \\ \text{Tl} + \text{Tx} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Txv} = 0.24$$

$$\text{Tlx} = 1.36$$

$$\text{PmR} := \text{Pm1} \cdot \text{Tlx} = 0$$

$$\text{PmobrR} := \text{Pmobr1} \cdot \text{Tlx} = 0$$

$$\text{PmnR} := \text{Pmn1} \cdot \text{Tlx} = 0$$

$$\text{PsobrR} := \text{Psobr1} \cdot \text{Tlx} = 114.72$$

$$\text{Wso} := \text{Wso1} \cdot \text{Tlx} = 319.27$$

$$\text{Wm} := \text{Wm1} \cdot \text{Tlx} = 0$$

$$\text{Wotx} := \text{Wotx1} \cdot \text{Tlx} = 29.82734$$

$$\text{PkR} := \text{Pk1} \cdot \text{Tlx} = 0$$

$$\text{PzR} := \text{Pz1} \cdot \text{Tlx} = 0$$

$$\text{OtxR} := \text{Otxrc1} \cdot \text{Tlx} = 28.68$$

$$\text{SumP0} := \text{PmR} + \text{PsobrR} + \text{PkR} + \text{PzR} + \text{OtxR} = 143.4$$

$$\text{Wk} := \text{Wk1} \cdot \text{Tlx} = 0$$

$$\text{Wz} := \text{Wz1} \cdot \text{Tlx} = 0$$

$$\text{KprtX} := \text{SumP0} \cdot \text{Ppr0tl}^{-1} = 1.21$$

$$\text{SumW0} := \text{Wm} + \text{Wso} + \text{Wk} + \text{Wz} + \text{Wotx} = 349.09$$

$$\text{Wn} := \text{WprS1} \cdot \text{Tl} - \text{SumW0} = 0$$

$$\text{PnR} := \text{Wn} \cdot (\text{wpgrn} \cdot \text{Ktarn} \cdot \text{Kizn})^{-1} = 0$$

$$\text{PprR} := \text{SumP0} + \text{PnR} = 143.4$$

ИТОГО	PnR = 0	PmR = 0	PmnR = 0	PmobrR = 0
PulR = 159.67	PsobrR = 114.72	PkR = 0	PzR = 0	OtxR = 28.68
Tr = 5.72	Tl = 1.12	Tx = 0.69	Avtz = 11	PprR = 143.4
Tlxrn = 2.31	Tltp = 1.23	Tlx = 1.36	Avtr = 3.72	

Оценки стоимости исходного судна и на период его рейса:

$$\text{Pmo} := \text{Pgm} + \text{Pwg} + \text{Pref} + \text{Ppr} + \text{Prc} = 400.77$$

$$\text{Dps} := \text{Dp} - \text{Pmo} = 622.64$$

$$\text{Nss} := \text{Ns} + \text{Nref} = 6475.7$$

$$\text{Sk} := \text{Csk} \cdot (\text{CDp} \cdot \text{Dps} + \text{CNm} \cdot \text{Nss} + \text{CSO} \cdot \text{Qobrz} + \text{CSm} \cdot \text{Qmorz}) = 19589.22$$

$$\text{Skr} := \text{Sk} \cdot \text{Tr} \cdot 365^{-1} = 307.04$$

Стоимости продукции:

$$\text{Smo} := \text{PmobrR} \cdot \text{Com} = 0$$

$$\text{Snp} := \text{PnR} \cdot \text{Cns} = 0$$

$$\text{Sso} := \text{PsobrR} \cdot \text{Cos} = 367.11$$

$$\text{Sotx} := \text{OtxR} \cdot \text{Cotx} = 2.868$$

$$\text{SR} := \text{Kst} \cdot \theta \cdot (\text{Snn} + \text{Sso} + \text{Smo} + \text{Snp} + \text{Skr} + \text{Sz} + \text{Sotx}) = 147.99$$

$$\text{Skr} := \text{PkR} \cdot \text{Ck} = 0$$

$$\text{Sz} := \text{PzR} \cdot \text{Cz} = 0$$

Эксплуатационных затрат:

$$\text{SR}_{\text{Tr}} := \frac{\text{SR}}{\text{Tr}} = 25.87$$

$$\text{SR}_{\text{PulR}} := \frac{\text{SR}}{\text{PulR}} = 0.93$$

$$\text{Ptp1U} := \frac{\text{PtpR}}{\text{PulR} \cdot \theta} = 366.48$$

$$\text{CtpR} := \text{Ctp} \cdot \text{PtpR} \cdot \theta = 35.11$$

$$\text{CzplR} := \text{Cm1} \cdot \text{Nek} \cdot \text{Tr} \cdot \theta = 8.07$$

$$\text{Cpitr} := \text{Cpit} \cdot \text{Nek} \cdot \text{Tr} \cdot \theta = 0.81$$

$$\text{ColR} := \text{Col} \cdot \text{PulR} \cdot \theta = 3.19$$

$$\text{Ctarr} := \text{Ctar} \cdot \text{SR} = 1.48$$

$$\text{Clicr} := \text{Clic} \cdot \text{PulR} \cdot \theta = 0.64$$

$$\text{Cnalr} := \text{Cnal} \cdot \text{CzplR} = 2.42$$

$$\text{Camr} := \text{Cam} \cdot \text{Skr} = 52.2$$

$$\text{CsR} := \text{Kes} \cdot (\text{CtpR} + \text{Cpitr} + \text{CzplR} + \text{Cnalr} + \text{Ctarr} + \text{ColR} + \text{Clicr} + \text{Camr}) = 104.957$$

Экономических показателей:

$$\text{FrezR} := \text{SR} - \text{CsR} = 43.03$$

$$\text{Fkap} := 100 \cdot \text{FrezR} \cdot \text{Skr}^{-1} = 14.02$$

$$\text{Flr} := \text{FrezR} \cdot \text{Tr}^{-1} = 7.5$$

$$\text{FlU} := \text{FrezR} \cdot \text{PulR}^{-1} = 0.27$$

$$\text{Fler} := \text{FrezR} \cdot (\text{Nek} \cdot \text{Tr})^{-1} = 0.53$$

$$\text{Seb} := \text{CsR} \cdot \text{SR}^{-1} = 0.71$$

$$\text{Tok} := 100 \cdot \text{Fkap}^{-1} = 7.14$$

$$\text{PnR} = 0$$

$$\text{PkR} = 0$$

$$\text{Pgrnz1} := \text{PnR} \cdot \text{Ktarn} = 0$$

$$\text{Pgrkz1} := \text{PkR} \cdot \text{Ktark} = 0$$

$$\text{PsobrR} = 114.72$$

$$\text{PzR} = 0$$

$$\text{Pgrsz1} := \text{PsobrR} \cdot \text{Ktars} = 126.19$$

$$\text{Pgrzz1} := \text{PzR} \cdot \text{Ktarz} = 0$$

$$\text{PmR} = 0$$

$$\text{OtxR} = 28.68$$

$$\text{Pgrmz1} := \text{PmR} \cdot \text{Ktarm} = 0$$

$$\text{Potxz1} := \text{OtxR} \cdot \text{Ktaro} = 28.68$$

$$\text{PprS} := \text{Pgrnz1} + \text{Pgrsz1} + \text{Pgrmz1} + \text{Pgrkz1} + \text{Pgrzz1} + \text{Potxz1} = 154.87$$

$$\text{PgrSz0} := \text{PgrSz} = 584$$

$$\text{WprS} := \text{Pgrnz1} \cdot \text{wpgrn} \cdot \text{Kizn} + \text{Pgrsz1} \cdot \text{wpgrs} \cdot \text{Kizn} + \text{Pgrmz1} \cdot \text{wpgrm} \cdot \text{Kizn} + \text{Potxz1} \cdot \text{Kn}$$

$$\text{WprS} := \text{WprS} + \text{Pgrkz1} \cdot \text{wprgz} \cdot \text{Kizn} + \text{Pgrzz1} \cdot \text{wprgz} \cdot \text{Kn} = 349.09$$

$$\text{WgrS} = 349.095$$

$$\text{WprS} \cdot \text{WgrS}^{-1} = 1$$

Сопоставительные данные

Di = 1745	D = 1776.58	Pgrnzi = 584	Pgrnz = 584	Ui = 142.5	U1 = 142.5
Ti = 6.63	T = 6.75	Pgrszi = 0	Pgrsz = 0	PulRi = 298.7	PulR = 159.7

Dpi = 995	Dp = 1023.41	Pgrmzi = 0	Pgrmz = 0	Tri = 6.79	Tr = 5.72
Dwi = 750	Dw = 753.16	Pgrkzi = 0	Pgrkz = 0	Tloi = 3.61	Tlo = 1.23
Ngdi = 3000	Ngd = 3000	Pgrzzi = 0	Pgrzz = 0	Tltpi = 3.61	Tltp0 = 8.51
Nsesi = 2660.4	Nses = 2875.74	Potxzi = 0	Potxz = 0	Tlxrmi = 2.31	Tlxrm = 2.31
Nrefi = 600	Nref = 600	Ptpzi = 187	Ptpm = 192.2	Tlfi = 2.31	Tlf = 1.23
Avtzi = 11	Avtz = 11	η Ptpzi = 60.77	η Ptpz = 69.56	Tli = 2.1	Tl = 1.12
Avtri = 6.09	Avtr = 3.72	SRi = 119.48	SR = 147.99	Tlxi = 2.1	Tlx = 1.36
Kzapzi = 0.25	Kzapz = 0.25	CsRi = 120.23	CsR = 104.96	dTli = 0.38	dTl = 0.33
Kzapri = 0.16	Kzapr = 0.16	Skri = 324.98	Skr = 307.04	Kzagri = 0.64	Kzagr = 1
η Dpi = 0.57	η Dp = 0.58	η PgrSi = 0.33	η PgrS = 0.33	WgrSi = 691.7	WgrS = 349.1
η Dwi = 0.43	η Dw = 0.42	Uli = 142.5	U1 = 142.5	Fkapi = -0.23	Fkap = 14.02
Dpsi = 622.64	Dps = 622.64	Ski = 17458.36	Sk = 19589.22	Kqoi = 0	Kqo = 0.74
Nssi = 6260.4	Nss = 6475.74	Neki = 12	Nek = 14.11	Kqmi = 0	Kqm = 0
NkDi = 1.72	NkD = 1.69		Kek = 1	Txrrz = 3	Kotx = 1
Qobrzi = 0	Qobr = 105.45	Pgrnz = 584	Pgrnz1 = 0	ptpli = 15.3	ptp1 = 15.73
Qobrli = 0	Qobr1 = 105.45	Pgrsz = 0	Pgrsz1 = 126.19	ptpoi = 17.07	ptpo = 17.55
Qmorzi = 0	Qmor = 0	Pgrmz = 0	Pgrmz1 = 0		AvtR = 3.72
Qmorli = 0	Qmor1 = 0	Pgrkz = 0	Pgrkz1 = 0		
Qkzi = 0	Qkz = 0	Pgrzz = 0	Pgrzz1 = 0		
Qkli = 0	Qkl = 0	Potxz = 0	Potxz1 = 28.7		
Qzzi = 0	Qzz = 0				
Qzli = 0	Qzl = 0				

01 приближение

02 приближение

03 приближение

04 приближение

05 приближение

Pgrnz := Pgrnz1
Avtz := Avtr

Pgrsz := Pgrsz1
Kzapz := Kzapr

Pgrmz := Pgrmz1
Pgrkz := Pgrkz1

Potxz := Potxz1
Pgrzz := Pgrzz1

Qobr := Qobr1
Qmor := Qmor1

ТЗ ПРОЕКТА

D := Di	Pgrnz = 0		$K_D := 0.976$	$\theta := 0.001$	$\eta_{TP} := 0.85$
Ngd = 3000	Pgrsz = 235.1	Qobr = 105.45	wpgm = 1.03 Ktarn = 1.25	Cns = 1	Ctp = 600
Co = 68600	Pgrmz = 0	Qmor = 0	wpgs = 2.2 Ktars = 1.1	Cnm = 1.2	Cm1 = 100
Rses = 2.04	Pgrkz = 0	Qkz = 0	wpgm = 2 Ktarm = 1.03	Com = 3	Cpit = 10
Cdt = 1	Pgrzz = 0	Qzz = 0	wprk = 1.8 Ktark = 1.05	Ck = 15	Cnal = 0.3
Kispt = 1.12	Potxz = 53.43	Kobr = 0.8	wprz = 1.03 Ktarz = 1	Cz = 5	Col = 20
Kndg = 0.34	dWs = -56.39	pekz = 10	Kn = 1.04 Ktaro = 1	Cos = 3.2	Clic = 4
Kref = 1.03	Pzdw = 47.38	Kz = 0.02	Kizn = 1.15 Sn = 0.16	Cotx = 0.1	Cam = 0.17
Krefn = 1	Pzdp = 32.9	Rpr = 250	ptb = 0 Ksdl = 1.04	Kst = 400	Ctar = 0.01
Krefs = 0.3	Kws = -0.022	Ce = 1.25	wzb = 0.02 Cv = 0.99	Tsp = 2	Kcs = 1.01
Krefm = 0.6	pzdw = 0.027	Ksb = 0.05	l = 2.79 $\delta = 0.64$	Ksht = 1.1	CDp = 1.6
atl = 0.17	pzdp = 0.02	Sort = 0.95	$\delta k = 0.72$ $\alpha = 0.89$	Kgr = 1	CNm = 1.7
Kprs = 1		Kotx = 1	Nek = 14.11 $\beta = 0.89$	Txrrz = 3	Csk = 1.5
			Kek = 1	Kzapz = 0.27	CSo = 10
				Avtz = 4.09	CSm = 10

$v_s := \sqrt[7]{Co \cdot Ngd} = 15.4$ $V := K_D \cdot D = 1703.12$ $dNek := Kek \cdot (Qmorz + Qobr) \cdot 50^{-1} = 2.11$
 $Nek := Neki + dNek = 14.11$

Характеристики энерговооруженности проекта

$v_{ss} := v_s \cdot (0.82 + 0.01 \cdot v_s) = 15$ $Fr := 0.1644 \cdot v_s \cdot Lk^{-0.5} = 0.43$ $Q_{kot} := Q_{kotz}$
 $Ntl := atl \cdot Ngd = 510$

$$Nref := (Krefn \cdot Pgrnz + Krefs \cdot Pgrsz + 5.62 \cdot Qmorz + Krefm \cdot Pgrmz) \cdot Kref = 72.5$$

$$Nep := 0.04 \cdot D + 0.041 \cdot Ngd + Nref + Qobrz + 5.62 \cdot Qmorz + pekz \cdot (Qkz + Qzz) = 370.71$$

$$Nses := (Nep + Ntl) \cdot Rses = 1798.47$$

$$Ndg := Kndg \cdot Nses = 615.17$$

$$Ngdd := Ngd + Ndg = 3615.17$$

$$Nwg := Nses - Ndg = 1183.3$$

$$Ns := Ngdd + Nwg = 4798.47$$

$$ptpo := 4.5 \cdot \theta \cdot (Ngd + Nep) + 0.064 \cdot Qkot = 15.17$$

$$ptp1 := ptpo \cdot KispT^{-1} = 13.6$$

$$Kzapr := (Tx + Tmz) \cdot Avtz^{-1} = 0.27$$

Бюджет времени рейса

$$Tmz := 0.1 \cdot Avtz = 0.41$$

$$Tx := Rpr \cdot (24 \cdot vss)^{-1} = 0.69$$

$$Tv := 2 \cdot Tx + Tmz = 1.8$$

$$Tlxrmz := (Txrrz - Tx) = 2.31$$

$$Tltp0 := (Avtz - Tv) = 2.3$$

$$Ptpm := 0.9^{-1} \cdot Avtz \cdot ptp1 = 61.857$$

$$Ptpz := Ptpm$$

Составляющие вместимости проекта

Cwosn = 1	Cwek = 1	Cwmk = 1	Cwrc = 1	Cwagr = 1	Cwref = 1	Cwsn = 1
wosn = 0.11	wek = 36	wmk = 0.13	wrc = 2.5	wagr = 0.11	wref = 0.18	wsn = 0.03
wkot = 5.5	wQk = 10	wQz = 10	pkv = 2.5	ppv = 0.15		

$$Wosn := wosn \cdot Vk = 246.44$$

$$Wrc := wrc \cdot Cwrc \cdot (Qobrz + Qmorz + Qkz + Qzz) = 263.63$$

$$Wagr := wagr \cdot Cwagr \cdot Vk = 237.48$$

$$Wmk := Cwmk \cdot (wmk \cdot Ngdd + wkot \cdot Qkot) = 470.52$$

$$Wtp := Ptpz \cdot Kn \cdot \gamma T^{-1} = 75.68$$

$$Wpv := 5 \cdot (ppv \cdot Nek \cdot Kizn + pkv \cdot Qkot \cdot Kn) + dWpv = 38.22$$

$$Wsp0 := Wosn + Wrc + Wagr + Wsn + Wmk + Wref + Wtp + Wpv + Wzb + dWs = 1957.38$$

$$WgrS := Ws - Wsp0 = 650.37$$

$$WgrV := WgrS \cdot Vk^{-1} = 0.29$$

$$Ws = 2607.75$$

$$WgrS := \begin{cases} 0.01 & \text{if } WgrS \leq 0 \\ WgrS & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$WgrS = 650.37$$

Дедвейт проекта

Cpsn = 1	psn = 0.02	pek = 0.13	pprov = 0.004	ppv = 0.15	Dwi = 750
PgrSz := Pgrnz + Pgrsz + Pgrmz + Pgrkz + Pgrzz + Potxz = 288.53					Pzdw = 47.38

$$PgrS := PgrSz \cdot Kgr = 288.53$$

$$Pek := pek \cdot Nek = 1.76$$

$$Ppv := 5 \cdot ppv \cdot Nek = 10.58$$

$$Dw := PgrS + Pek + Ptp + Pprov + Ppv + Pkv + Psn + Pzdw = 425.03$$

$$Ptp := Ptpz \cdot Kzap = 15.46$$

$$Pprov := pprov \cdot Nek \cdot Avtz \cdot Kzap = 0.05$$

$$Pkv := 5 \cdot pkv \cdot Qkot = 1.25$$

$$nPgrS := PgrSz \cdot D^{-1} = 0.17$$

$$Psn := psn \cdot Ngd = 60$$

$$dDw := Dw - Dwi = -324.97$$

$$Dpi = 995$$

Dr проекта

Cpk = 1	Cpok = 1	Cpgrm = 1	pwg = 0.03	pkot = 1.3	Cppr = 1	Cpref = 1	Cprc = 1
pk = 0.1	pok = 0.06	pagr = 0.1	ppr = 0.04	pref = 0.03	prc = 0.2		

$$Pmk := pk \cdot Cpk \cdot Mp \cdot (1.05 - 18Mp \cdot \theta) = 357.25$$

$$pgm := (51.2 - 1.2 \cdot Ngdd \cdot \theta) \cdot \theta = 0.05$$

$$Pwg := pwg \cdot Nwg = 35.5$$

$$Ppr := ppr \cdot Cppr \cdot Ngd = 120$$

$$Pagr := pagr \cdot Wagr = 23.75$$

$$Dp := Pmk + Pok + Pgm + Pwg + Pkot + Pref + Ppr + Prc + Pagr + Ptb + Pzdp = 970.818$$

$$D := Dp + Dw = 1395.84$$

$$T := D \cdot Kp \cdot (Lp \cdot B \cdot \delta)^{-1} = 5.3$$

$$nDp := Dp \cdot D^{-1} = 0.7$$

$$nDw := Dw \cdot D^{-1} = 0.3$$

$$dDp := Dp - Dpi = -24.18$$

$$dD := D - Di = -349.16$$

$$NkD := Ngd \cdot D^{-1} = 2.15$$

Заданной продукции на рейс

$$Pzk := Pgrkz \cdot Ktark^{-1} = 0$$

$$PnrSz := Pnz + Psz + Pmz + Pkz + Pzz + Potxz = 267.16$$

Среднесуточный вылов

Разделка улова

$$Qobr1 := \begin{cases} Qobrz & \text{if } Qobrz \leq U2 \\ U2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Pnz := Pgrnz \cdot Ktarm^{-1} = 0$$

$$Psz := Pgrsz \cdot Ktars^{-1} = 213.73$$

$$U1 := U1 \cdot Sort = 142.5$$

$$U2 := U1 - Pk1 = 142.5$$

$$Qobr1 = 105.45$$

$$Pobr10 := Probr1 \cdot Kobr = 84.36$$

$$Pmz := Pgrmz \cdot Ktarm^{-1} = 0$$

$$Pzz := Pgrzz \cdot Ktars^{-1} = 0$$

$$nSort := 0$$

$$Qk1 := Qkz$$

$$Probr1 := Qobr1 = 105.45$$

$$Pk1 := Qkz = 0$$

$$Pn10 := U2 - Probr1 = 37.05 \quad Otxobr1 := Probr1 - Pobr10 = 21.09 \quad Pz10 := Kz \cdot Otxobr1 = 0.422$$

$$Qz1 := (Pz10 \cdot Qzz) \quad Qz1 := \min(Qz1) = 0 \quad Pz1 := Qz1 \quad Otxrc1 := (Otxobr1 - Pz1) \cdot Kotx = 21.09$$

$$Kqo := Qobr \cdot U1^{-1} = 0.74 \quad Kqm := Qmorz \cdot U1^{-1} = 0$$

$$Poxl10 := Pobr10 + Pn10 = 121.41 \quad Pm10 := Poxl10 = 121.41$$

Заморозка улова

$$Qmor1 := \begin{cases} Qmorz & \text{if } Qmorz \leq Pm10 \\ Pm10 & \text{otherwise} \end{cases} \quad Qmor1 = 0 \quad Pmobr1 := \begin{cases} Pobr10 & \text{if } Qmor1 \geq Pobr10 \\ Qmor1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad Pmobr1 = 0$$

$$Psobr1 := Pobr10 - Pmobr1 = 84.36 \quad Pmn1 := Qmor1 - Pmobr1 = 0$$

$$Pm1 := Pmobr1 + Pmn1 = 0 \quad Pn1 := Pn10 - Pmn1 = 37.05 \quad Poxl1 := Psobr1 + Pn1 = 121.41$$

$$Ppr01 := Psobr1 + Pmobr1 + Pmn1 + Pk1 + Pz1 + Otxrc1 = 105.45$$

$$Ppr1 := Ppr01 + Pn1 = 142.5 \quad U2 = 142.5 \quad WgrS = 650.37$$

$$Wn1 := Pn1 \cdot wpgrn \cdot Ktarn \cdot Kizn = 54.86 \quad Wk1 := Pk1 \cdot wpgrk \cdot Ktark \cdot Kizn = 0$$

$$Wso1 := Psobr1 \cdot wpgrs \cdot Ktars \cdot Kizn = 234.77 \quad Wz1 := Pz1 \cdot wpgrz \cdot Ktartz \cdot Kn = 0$$

$$Wm1 := Pm1 \cdot wpgrm \cdot Ktarm \cdot Kizn = 0 \quad Wotx1 := Otxrc1 \cdot Ktaro \cdot Kn = 21.934$$

$$WprS01 := Wso1 + Wm1 + Wk1 + Wz1 + Wotx1 = 256.71 \quad WprS1 := WprS01 + Wn1 = 311.56$$

Время на лову

$$Tlo := (WgrS \cdot WprS1^{-1}) \cdot Ksht = 2.3 \quad Tltp := Tlo = 2.3 \quad Koxl := Pm1 \cdot Poxl10^{-1} = 0$$

$$Tltp0 = 2.3 \quad Ktxr := \begin{cases} 10 & \text{if } Koxl \geq 1 \\ (1 - Koxl)^{-1} & \text{otherwise} \end{cases} \quad Ktxr = 1 \quad Tlxrnz = 2.31$$

$$Tlfn := \min(Tlo, Tlxrn) = 2.3 \quad Tl := Tlfn \cdot Ksht^{-1} = 2.09$$

$$Avtr := Tv + Tlo = 4.09 \quad Avtr := Tv + Tlfn = 4.09 \quad Kzagr := \frac{WprS1 \cdot Tl}{WgrS} = 1$$

$$Tr := Avtr + Tsp = 6.09 \quad Tr := Avtr + Tsp = 6.09 \quad PulRv := Pul1 \cdot Tl = 313.12$$

Продукция за рейс

$$PnR0 := Pn1 \cdot Tl = 77.34 \quad PulR := U1 \cdot Tl = 297.46$$

$$Ppr0tl := Ppr01 \cdot Tl = 220.12 \quad Ppr1tl := (Ppr01 + Pn1) \cdot Tl = 297.46$$

$$PtpR := ptp1 \cdot Avtr = 55.67 \quad OstPtp := Ptpz - PtpR = 6.19 \quad nPtpz := \frac{OstPtp}{Ptpz} \cdot 100 = 10$$

$$Txv := \begin{cases} Tl \cdot Wn1 \cdot WprS01^{-1} & \text{if } WprS01 > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad Tx = 0.69 \quad Tlx := \begin{cases} Tl + Txv & \text{if } Tx > Txv \\ Tl + Tx & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$PmR := Pm1 \cdot Tlx = 0 \quad PkR := Pk1 \cdot Tlx = 0$$

$$PmobrR := Pmobr1 \cdot Tlx = 0 \quad PzR := Pz1 \cdot Tlx = 0$$

$$PmnR := Pmn1 \cdot Tlx = 0 \quad OtxR := Otxrc1 \cdot Tlx = 53.432$$

$$PsobrR := Psobr1 \cdot Tlx = 213.73 \quad SumP0 := PmR + PsobrR + PkR + PzR + OtxR = 267.16$$

$$Wso := Wso1 \cdot Tlx = 594.8 \quad Wk := Wk1 \cdot Tlx = 0$$

$$Wm := Wm1 \cdot Tlx = 0 \quad Wz := Wz1 \cdot Tlx = 0 \quad Kprtx := SumP0 \cdot Ppr0tl^{-1} = 1.21$$

$$Wotx := Wotx1 \cdot Tlx = 55.56925 \quad SumW0 := Wm + Wso + Wk + Wz + Wotx = 650.37$$

$$Wn := WprS1 \cdot Tl - SumW0 = 0$$

$$PnR := Wn \cdot (wpgrn \cdot Ktarn \cdot Kizn)^{-1} = 0 \quad PprR := SumP0 + PnR = 267.16$$

ИТОГО	PnR = 0	PmR = 0	PmnR = 0	PmobrR = 0
PulR = 297.46	PsobrR = 213.73	PkR = 0	PzR = 0	OtxR = 53.432
Tr = 6.09	Tl = 2.09	Tx = 0.69	Avtr = 4.09	PprR = 267.16
Tlxrn = 2.31	Tltp = 2.3	Tlx = 2.53	Avtr = 4.09	

Оценки стоимости исходного судна и на период его рейса:

$$Pmo := Pgm + Pwg + Pref + Ppr + Prc = 348.18 \quad Dps := Dp - Pmo = 622.64 \quad Nss := Ns + Nref = 4870.9$$

$$Sk := Csk \cdot (CDp \cdot Dps + CNm \cdot Nss + CSo \cdot Qobr + CSm \cdot Qmorz) = 15496.97$$

$$Skr := Sk \cdot Tr \cdot 365^{-1} = 258.74$$

Стоимости продукции:

$$Smo := PmobrR \cdot Com = 0 \quad Skp := PkR \cdot Ck = 0$$

$$Snn := PnR \cdot Cns = 0 \quad Smn := PmnR \cdot Cnm = 0 \quad Sz := PzR \cdot Cz = 0$$

$$Sso := PsobrR \cdot Cos = 683.93 \quad Sotx := OtxR \cdot Cotx = 5.343$$

$$SR := Kst \cdot \theta \cdot (Snn + Sso + Smo + Smn + Skp + Sz + Sotx) = 275.709$$

Эксплуатационных затрат:

$$SR1r := \frac{SR}{Tr} = 45.24 \quad SR1u := \frac{SR}{PulR} = 0.93 \quad Ptp1U := \frac{PtpR}{PulR \cdot \theta} = 187.16$$

$$\begin{aligned}
C_{\text{ptr}} &:= C_{\text{p}} \cdot \text{PtpR} \cdot \theta = 33.4 & C_{\text{zplr}} &:= C_{\text{m1}} \cdot \text{Nek} \cdot \text{Tr} \cdot \theta = 8.6 & C_{\text{pitr}} &:= C_{\text{pit}} \cdot \text{Nek} \cdot \text{Tr} \cdot \theta = 0.86 \\
C_{\text{olr}} &:= C_{\text{ol}} \cdot \text{PulR} \cdot \theta = 5.95 & C_{\text{tarr}} &:= C_{\text{tar}} \cdot \text{SR} = 2.76 & C_{\text{licr}} &:= C_{\text{lic}} \cdot \text{PulR} \cdot \theta = 1.19 \\
C_{\text{nalr}} &:= C_{\text{nal}} \cdot C_{\text{zplr}} = 2.58 & C_{\text{amr}} &:= C_{\text{am}} \cdot \text{Skr} = 43.99 \\
C_{\text{sR}} &:= C_{\text{cs}} \cdot (C_{\text{ptr}} + C_{\text{pitr}} + C_{\text{zplr}} + C_{\text{nalr}} + C_{\text{tarr}} + C_{\text{olr}} + C_{\text{licr}} + C_{\text{amr}}) = 100.315
\end{aligned}$$

Экономических показателей: $F_{\text{rezR}} := \text{SR} - C_{\text{sR}} = 175.39$ $F_{\text{kap}} := 100 F_{\text{rezR}} \cdot \text{Skr}^{-1} = 67.79$

$$F_{\text{lr}} := F_{\text{rezR}} \cdot \text{Tr}^{-1} = 28.78 \quad F_{\text{lu}} := F_{\text{rezR}} \cdot \text{PulR}^{-1} = 0.59 \quad F_{\text{ler}} := F_{\text{rezR}} \cdot (\text{Nek} \cdot \text{Tr})^{-1} = 2.04$$

$$S_{\text{eb}} := C_{\text{sR}} \cdot \text{SR}^{-1} = 0.36$$

$$T_{\text{ok}} := 100 \cdot F_{\text{kap}}^{-1} = 1.48$$

$$P_{\text{nR}} = 0$$

$$P_{\text{kR}} = 0$$

$$P_{\text{grnz1}} := P_{\text{nR}} \cdot \text{Ktarn} = 0$$

$$P_{\text{grkz1}} := P_{\text{kR}} \cdot \text{Ktark} = 0$$

$$P_{\text{sobrR}} = 213.73$$

$$P_{\text{zR}} = 0$$

$$P_{\text{grsz1}} := P_{\text{sobrR}} \cdot \text{Ktars} = 235.1$$

$$P_{\text{grzz1}} := P_{\text{zR}} \cdot \text{Ktarz} = 0$$

$$P_{\text{mR}} = 0$$

$$O_{\text{txR}} = 53.432$$

$$P_{\text{grmz1}} := P_{\text{mR}} \cdot \text{Ktarm} = 0$$

$$P_{\text{otxz1}} := O_{\text{txR}} \cdot \text{Ktaro} = 53.432$$

$$P_{\text{prS}} := P_{\text{grnz1}} + P_{\text{grsz1}} + P_{\text{grmz1}} + P_{\text{grkz1}} + P_{\text{grzz1}} + P_{\text{otxz1}} = 288.53$$

$$P_{\text{grSz0}} := P_{\text{grSz}} = 288.53$$

$$W_{\text{prS}} := P_{\text{grnz1}} \cdot \text{wpgrn} \cdot \text{Kizn} + P_{\text{grsz1}} \cdot \text{wprsz} \cdot \text{Kizn} + P_{\text{grmz1}} \cdot \text{wpgrm} \cdot \text{Kizn} + P_{\text{otxz1}} \cdot \text{Kn}$$

$$W_{\text{prS}} := W_{\text{prS}} + P_{\text{grkz1}} \cdot \text{wpgrz} \cdot \text{Kizn} + P_{\text{grzz1}} \cdot \text{wpgrz} \cdot \text{Kizn} = 650.37$$

$$W_{\text{prS}} \cdot \text{WgrS}^{-1} = 1$$

$$\delta_1 := 0.0452 \cdot D^{0.3559} = 0.59$$

$$T_1 := D \cdot K_{\rho} \cdot (\delta_1 \cdot B \cdot L_{\rho})^{-1} = 5.73$$

Сопоставительные данные

$D_i = 1745$	$D = 1395.84$	$P_{\text{grnzi}} = 584$	$P_{\text{grnz}} = 0$	$U_{1i} = 142.5$	$U_1 = 142.5$
$T_i = 6.63$	$T = 5.3$	$P_{\text{grsz}} = 0$	$P_{\text{grsz}} = 235.1$	$P_{\text{ulRi}} = 298.7$	$P_{\text{ulR}} = 297.5$
$D_{pi} = 995$	$D_p = 970.82$	$P_{\text{grmzi}} = 0$	$P_{\text{grmz}} = 0$	$T_{ri} = 6.79$	$T_r = 6.09$
$D_{wi} = 750$	$D_w = 425.03$	$P_{\text{grkzi}} = 0$	$P_{\text{grkz}} = 0$	$T_{loi} = 3.61$	$T_{lo} = 2.3$
$N_{gdi} = 3000$	$N_{gd} = 3000$	$P_{\text{grzzi}} = 0$	$P_{\text{grzz}} = 0$	$T_{ltpi} = 3.61$	$T_{ltp0} = 2.3$
$N_{sesi} = 2660.4$	$N_{ses} = 1798.47$	$P_{\text{otxzi}} = 0$	$P_{\text{otxz}} = 53.4$	$T_{lxmi} = 2.31$	$T_{lxrn} = 2.31$
$N_{refi} = 600$	$N_{ref} = 72.46$	$P_{\text{tpzi}} = 187$	$P_{\text{tpm}} = 61.86$	$T_{lfi} = 2.31$	$T_{lf} = 2.3$
$A_{vtzi} = 11$	$A_{vtz} = 4.09$	$\eta_{\text{Ptpzi}} = 60.77$	$\eta_{\text{Ptpz}} = 10$	$T_{li} = 2.1$	$T_l = 2.09$
$A_{vtri} = 6.09$	$A_{vtr} = 4.09$	$SR_i = 119.48$	$SR = 275.71$	$T_{lxi} = 2.1$	$T_{lx} = 2.53$
$K_{zapzi} = 0.25$	$K_{zapz} = 0.27$	$CS_{Ri} = 120.23$	$CS_R = 100.32$	$dT_{li} = 0.38$	$dT_l = 0.56$
$K_{zapri} = 0.16$	$K_{zapr} = 0.27$	$SK_{ri} = 324.98$	$SK_r = 258.74$	$K_{zagri} = 0.64$	$K_{zagr} = 1$
$\eta_{D_{pi}} = 0.57$	$\eta_{D_p} = 0.7$	$\eta_{\text{PgrSi}} = 0.33$	$\eta_{\text{PgrS}} = 0.17$	$W_{grSi} = 691.7$	$W_{grS} = 650.4$
$\eta_{D_{wi}} = 0.43$	$\eta_{D_w} = 0.3$	$U_{1i} = 142.5$	$U_1 = 142.5$	$F_{kapi} = -0.23$	$F_{kap} = 67.79$
$D_{psi} = 622.64$	$D_{ps} = 622.64$	$SK_i = 17458.36$	$SK = 15496.97$	$K_{qoi} = 0$	$K_{qo} = 0.74$
$N_{ssi} = 6260.4$	$N_{ss} = 4870.93$	$NE_{ki} = 12$	$NE_k = 14.11$	$K_{qmi} = 0$	$K_{qm} = 0$
$N_{kDi} = 1.72$	$N_{kD} = 2.15$		$KE_k = 1$	$T_{xrrz} = 3$	$K_{otx} = 1$
$Q_{obrzi} = 0$	$Q_{obr} = 105.45$	$P_{\text{grnz}} = 0$	$P_{\text{grnz1}} = 0$	$ptp_{1i} = 15.3$	$ptp_1 = 13.6$
$Q_{obrli} = 0$	$Q_{obr1} = 105.45$	$P_{\text{grsz}} = 235.1$	$P_{\text{grsz1}} = 235.1$	$ptp_{oi} = 17.07$	$ptp_o = 15.17$
$Q_{morzi} = 0$	$Q_{morz} = 0$	$P_{\text{grmz}} = 0$	$P_{\text{grmz1}} = 0$		$A_{vtr} = 4.09$
$Q_{morli} = 0$	$Q_{mor1} = 0$	$P_{\text{grkz}} = 0$	$P_{\text{grkz1}} = 0$		
$Q_{kzi} = 0$	$Q_{kz} = 0$	$P_{\text{grzz}} = 0$	$P_{\text{grzz1}} = 0$		
$Q_{kli} = 0$	$Q_{k1} = 0$	$P_{\text{otxz}} = 53.4$	$P_{\text{otxz1}} = 53.4$		
$Q_{zzi} = 0$	$Q_{zz} = 0$				
$Q_{zli} = 0$	$Q_{z1} = 0$				



{Конец}

Приложение Ж

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ
«Программа оптимизации характеристик морских наливных рыболовных
судов способом постоянных размерений»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020613136

Программа оптимизации характеристик морских наливных
рыболовных судов способом постоянных размерений

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(RU)*

Автор: *Зьонг Ван Тхань (VN)*

Заявка № 2020611338

Дата поступления 05 февраля 2020 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 11 марта 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Изrael



Приложение Й

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Зыонга Вана Тханя «Технико-экономический анализ и методика оптимизационного выбора характеристик рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства СРВ»

ВЬЕТНАМ МОРСКОЙ УНИВЕРСИТЕТ СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА ВЬЕТНАМ
ФАКУЛЬТЕТ СУДОСТРОЕНИЯ Независимость – Свобода - Счастье

Хайфонг, 9-ого Апреля 2020г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Зыонга Ван Тхань «Технико-экономический анализ и методика оптимизационного выбора характеристик рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства СРВ»

Данным актом подтверждается, что результаты диссертационной работы **Зыонга Ван Тхань** «Технико-экономический анализ и методика оптимизационного выбора характеристик рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства СРВ» были внедрены в учебный процесс факультета судостроения Вьетнамского морского университета, г. Хайфон (VIMARU) в 2020г.

В лекционном курсе по дисциплине «Автоматизированное проектирование судов» внедрены следующие результаты диссертации:

- Концепция наливных рыболовных судов для морского рыболовства СРВ и схемы расчета экономических показателей проектируемого судна на начальной стадии проектирования;

- Программный продукт «Программа оптимизации характеристик морских наливных рыболовных судов способом постоянных размерений (МоНРС)».

На практических занятиях по дисциплине «Автоматизированное проектирование судов» программный продукт «МоНРС» был принят в качестве учебной программы для оптимизации элементов и характеристик судов данного класса и результат его использования позволил повысить качество преподавания дисциплины «Автоматизированное проектирование судов» на факультете судостроения Вьетнамского морского университета (VIMARU).

Заведующий кафедрой автоматизированного проектирования судов факультета судостроения Вьетнамского морского университета.

**ПО ДОВЕРЕННОСТИ ДИРЕКТОРА
ДЕКАН ФАКУЛЬТЕТА СУДОСТРОЕНИЯ**



к.т.н., доц. До Куанг Хай

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ

к.т.н. Ле Тхань Винь