

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

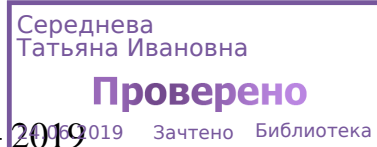
Лин Тхет

**Исследование и анализ особенностей проектирования
танкера дедвейтом 6000 тонн**

Направление подготовки
26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника
объектов морской инфраструктуры»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Комсомольский-на-Амуре – 2019



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель кандидат экономических наук, доцент
Овчинников Игорь Дмитриевич

Рецензент кандидат экономических наук, доцент
Журбин Олег Владимирович,
начальник отделения диагностики
искусственных сооружений
Дальневосточного филиала
ФАУ «РОСДОРНИИ»

Защита состоится «17» июня 2019 года в 10 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина 27, ауд. 222

Автореферат разослан 10 июня 2019 г.

Секретарь ГЭК.

Е.И. Селиванов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В современных условиях нет такой отрасли хозяйства, в составе которой не сходились бы в той или иной степени нефть и нефтепродукты. Постоянное увеличение объёма ежегодного потребления нефти стимулирует повсеместную разведку, разработку и освоение морских промыслов. При этом в мировом судостроении увеличивается интерес к строительству и использованию нефтеналивных судов (для перевозки жидких грузов).

Освоение морских нефтепромыслов в Мьянме имеет огромное значение для развития экономики страны. В связи с ускорением освоения морских нефтепромыслов возрастает роль перевозки нефти и нефтепродуктов. Это обуславливает присутствие в комплексах танкера перевозки нефти большего числа судов и технических средств.

В настоящее время РС Мьянма не обладает достаточным количеством средств перевозки различных сортов нефтепродуктов на порты морского побережья РС Мьянма. В будущем РС Мьянме требуется увеличение числа танкера для обеспечения перевозки более 2 млн. т. различных сортов нефтепродуктов в год. Поэтому решение задачи выбора способа перевозки для конкретного района и соответствующих ему типов танкеров имеет значение для перевозки различных сортов нефтепродуктов.

Цель работы состоит в том, чтобы всестороннее изучить проектирование танкера, используя современные информационные данные, и выполнить определение основных характеристик танкера для перевозки нефтепродуктов в обеспечение потребностей экономики РС Мьянма.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Проанализировать специальную литературу и другие источники научно-технической информации о научно-технических достижениях по тематике магистерской диссертации;

2. Провести анализ существующих современных прототипов и формирование на его основе технического предложения судна для проведения выбора танкера-прототипа и выявления закономерностей поведения проектных характеристик современных танкеров;

3. Выполнять исследование особенностей эксплуатации рассматриваемого танкера для условий Республики Союз Мьянма;

4. Провести выбор исходных главных размерений и других характеристик для рассматриваемого танкера на основе выбранного современного танкера-прототипа;

5. Выполнять исследования возможности и описание общей технологии постройки рассматриваемого танкера для РС Мьянма.

Объектом исследования является танкер для перевозки нефтепродуктов дедвейтом 6000 тонн.

Предметом исследования является архитектурно-конструктивные особенности нефтеналивных танкеров и остальные конструктивные элемен-

ты применительно к условиям эксплуатации и экономики РС Мьянма.

Характеристика методологического аппарата: теоретические и компьютерные методы при исследовании и проектировании заданного танкера.

Научная новизна магистерской диссертации заключается в том, что: предложено многофункциональное судовое устройство путем объединения элементов судна с различными функциями в один многофункциональный для обеспечения управляющего силового воздействия на судно при отсутствии хода. Такое объединение сокращает материалоемкость, трудоемкость постройки судна и мощность судовой электростанции. Практическая значимость и ценность работы

Практическая ценность диссертационной работы: переход от традиционных подходов проектирования и постройки судов (основанных на громоздких расчётных методиках, тиражировании плоских чертежей и бумажных документов, в различных версиях и пр., что приводит к ошибкам, несогласованности работ и затягиванию процессов) к компьютерным технологиям ИПИ на основе трёхмерной электронной модели судна.

Предполагаемое внедрение (использование результатов магистерской диссертации): внедрение в учебный процесс практики подготовки специалистов нового поколения - на основе использования компьютерных технологий (CAD/CAE/CAM); возможность внедрения проектных разработок и предложений в РС Мьянма.

Предметом защиты является совокупность теоретических, методических и практических вопросов, связанных с проектированием малотоннажного танкера для РС Мьянма.

Личный вклад автора заключается в выполнении теоретического и практического исследования, включая сбор информации, анализ архитектурно-конструктивных особенностей, разработку алгоритма, расчетных методик и проведения расчетов.

Апробация работы. Результаты и положения, изложенные в диссертации, докладывались и обсуждались на научно-технических семинарах кафедры «Кораблестроение» КнАГУ, а также на ежегодных научно-технических конференциях студентов и аспирантов КнАГУ (г. Комсомольск-на-Амуре, 2018, 2019 г.).

Структура и объем магистерской диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Она содержит 141 страниц основного текста (включая 40 рисунков и 9 таблиц) и 3 страницы оглавления. Список использованных источников включает 17 наименований и занимает 2 страниц. Шесть приложения имеют объем 18 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены общая цель и задачи исследования, доказаны научная новизна и практическая значимость,

выносимых на защиту.

В первом разделе выполнен анализ существующих конструкций корпуса, механизмов, устройств и систем. Выявлена их специфика, недостатки и преимущества. Разработаны предложения по повышению эффективности конструкции и эксплуатации танкера. Выбраны исходные главные размерения и другие характеристики судна-прототипа на основе существующих современных судов для перевозки наливных грузов.

Танкеры относительно других типов судов морского транспортного флота наиболее распространены, поскольку перевозки нефти и нефтепродуктов морским путем составляют большую часть мировых грузопотоков. В настоящее время широко востребованы танкеры среднего водоизмещения, оснащенные дизельной энергетической установкой. Это обуславливается высокой экономичностью дизельных двигателей по сравнению с другими типами энергетических установок. Кроме того, дизельные энергетические установки проще автоматизировать, сокращая тем самым численность экипажей, они также имеют меньшую трудоемкость ремонтных работ.

Хотя имеется очевидная тенденция к увеличению тоннажа танкеров, продолжается строительство судов средней грузоподъемности. Это объясняется тем, что нефтеналивной флот не может состоять только из супертанкеров. Перевозки сырой нефти на них выгоднее вести на большие расстояния. А перевозки готовых нефтепродуктов проще и выгоднее вести судами среднего и малого водоизмещения. Это определяется рядом обстоятельств. Во-первых, заказчикам обычно нужны относительно небольшие партии груза, во-вторых, порты назначения часто имеют ограниченные глубины подходов каналов и акваторий.

Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов MARPOL 72/78 выдвигает ряд требований к конструкции корпуса танкеров:

- 1) обязательное наличие чисто балластных танков;
- 2) ограничение предельных размеров танков (с целью уменьшения разливов нефти при аварии);
- 3) создание конструктивной защиты в виде двойного дна и двойных бортов, высотой (шириной) не менее двух метров.

В результате двойной корпус (рис. 1) экологически чистого танкера получается более дорогим, тяжёлым и менее вместительным по сравнению с однокорпусным. При этом опасность разливов при авариях уменьшилась, но не исчезла. Осталась также проблема балластировки и коррозии внутри цистерн. Набор двойных бортов и двойного дна не контактирует с жидким грузом. В результате упрощается зачистка танков. Для уменьшения коррозии подпалубного набора на многих современных танкерах набор стали размещать наружу.

Таким образом, при составлении проектного задания на предэскизную проработку следует исходить из наибольших, допускаемых условиями эксплуатации размеров судов - осадка, ширины или длины, лимитируемых водными путями и акваториями портов и причалов нашей страны (Р.С Мьянма), так как увеличение размеров танкера - наиболее действенное средство улуч-

шения его технико-эксплуатационных и экономических показателей.



Рисунок 1 – Схема двухкорпусного танкера

Во втором разделе представлено описание специфики акватории, портов, между которыми предстоят перевозки нефти и нефтепродуктов. Выполнен анализ выполнения грузовых операций в условиях тропиков. Разработаны рекомендации по повышению безопасности перевозок.

В настоящее время политические и экономические реформы запускают процесс ее экономического развития, переводя страну от аграрного к индустриальному типу экономики. Одним из ярчайших представителей развивающихся стран является Мьянма, которая сегодня выходит из многолетней изоляции от остального мира. Наряду с ослаблением ограничения на импорт и экспортные налоги увеличиваются иностранные промышленные инвестиции.

При этом экономическом развитии требуется создания современной эффективной транспортной инфраструктуры, которая должна включать в себя современный водный транспорт. Водный транспорт, включая современные суда, на которых перевозить различные грузы, необходим для экономического развития страны.

Разработка проекта танкера для РС Мьянмы выполнена для использования грузового терминала на реке Янгон, текущей в залив Андаманского моря. Этот специализированный морской нефтеналивной терминал порта Тилава способен принимать суда с осадкой до 10 метров. Ежегодный объем отгрузки в настоящее время составляет почти 20 тысяч тонн.

Терминал имеет пирс «Г» образной формы, каждый из которых оборудован одним свайным причалом №1 и №2 соответственно. Длина причалов №1 и №2 200 м каждый.

Технические характеристики судов, принимаемых на причалы № 1-2:

- Максимальные: длина судна – 189 м, 27 ширина м, 9,5 осадка м;
- максимальная высота грузовых клиентов судна над уровнем воды – 9,35 м;
- минимальная высота грузовых клинкетов судна над уровнем воды – 3 м;
- расстояние от плоскости зеркала фланца приемных патрубков до борта танкера – 1,5 – 3м,
- диаметр фланцев приемных патрубков судна- 16''ANSI;
- толщина фланцев приемных патрубков не менее 28 мм.
- рабочая платформа с решетчатым настилом под фланцами приемных патрубков должна иметь ширину не менее 1 м;

- высота фланцев над площадкой (палубой судна) – 0,6 - 1,3 м;
- максимальная скорость погрузки – 130 м. куб. час;
- минимальная скорость погрузки – 100 м. куб. час.

В ближайшие годы в порте Тилава планируется строительство грузовых мощностей, который обеспечат отгрузку порядка 100 тысяч тонн в год. Это часть единого плана освоения морских нефтепромыслов в Мьянме, который имеет огромное значение для развития страны. В 2018-ом году Мьянманские геологи и нефтяники вели поиски, разведку и разработку нефтяных месторождений на территории Мьянмы и прилегающей акватории – М-9, М-10 и М-11 (рис. 2).

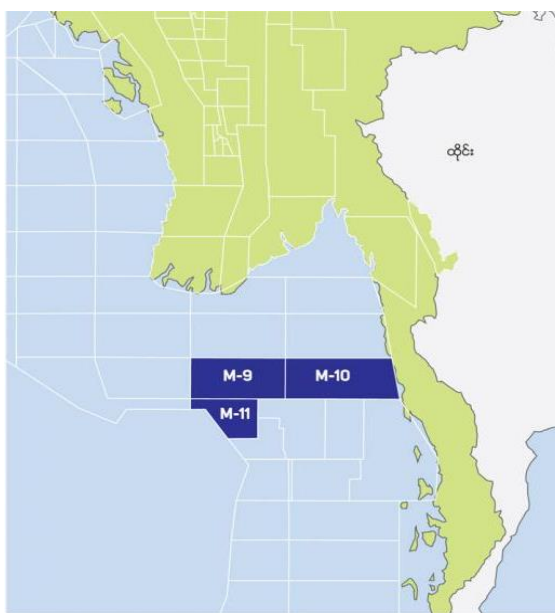


Рисунок 2 – Территория поисков и разведки нефти

В связи с увеличением нефтедобычи нефтяной промышленности Мьянмы возраст роль перевозки нефти и нефтепродуктов тоже увеличиваются. Для этого нужны танкера, применительно к условиям РС Мьянмы, нужны танкеры средней грузоподъемности 5000-8000 тонн.

В третьем разделе рассчитаны основные характеристики проектируемого танкера. Рассчитаны характеристики примененного носового бульба. Определены характеристики основных конструктивных связей корпуса, наружной и внутренней обшивки. Выполнен расчет буксировочного сопротивления и мощности силовой установки судна.

Для определения в первом приближении главных размерений разрабатываемого перспективного танкера использован алгоритм на основе характеристик судна-прототипа. Данные судна-прототипа приводятся в пояснительной записке и служат для расчетов необходимых коэффициентов при составлении уравнений теории проектирования судов.

Определение главных размерений судна целесообразно выполнять путем совместного решений уравнений проектирования судов, описывающих

основные качества судна – плавучесть, остойчивость и вместимость. Выполнены расчеты главных размерений судна в первом и втором приближениях, составлены уравнения нагрузки в функции от водоизмещения, определено водоизмещение и мощность энергетической установки.

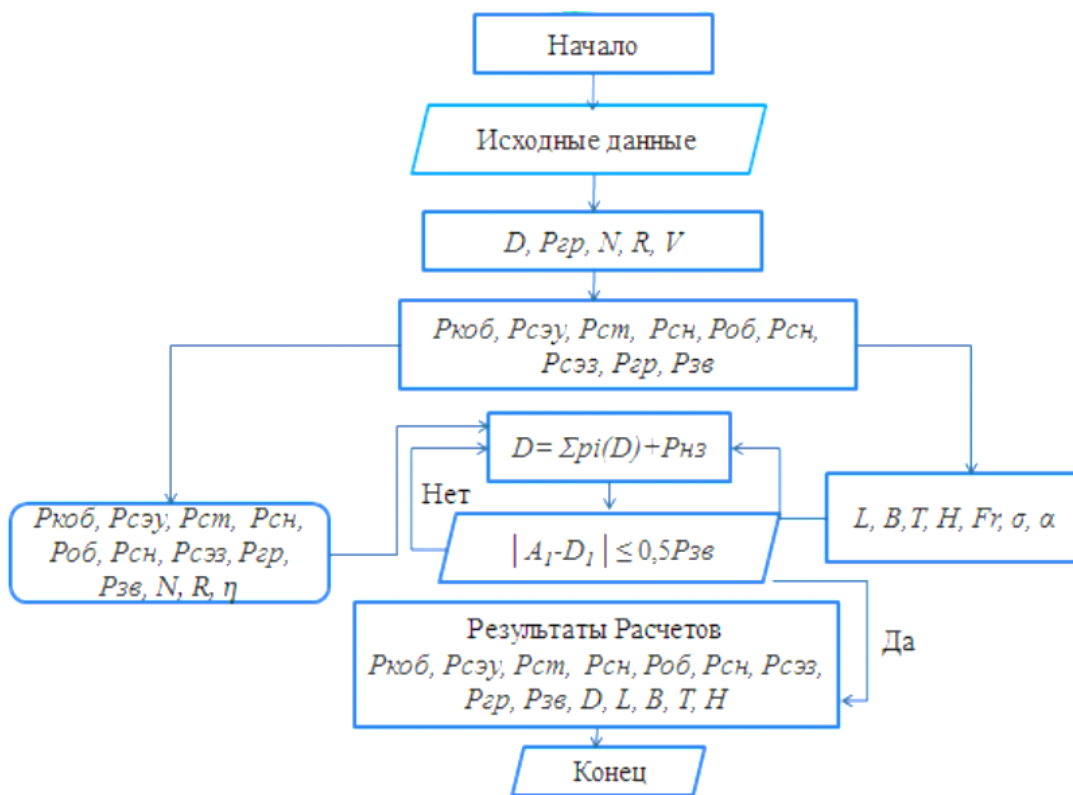


Рисунок 3 – Алгоритм определения главных размерений судов

Далее в этом разделе приведено проектирование бульба. Танкер-прототип не имеет бульбовую носовую оконечность. Поэтому при проектировании перспективного танкера использована бульбообразная носовая насадка. При проектировании бульба используются эти формулы:

$$A_{BT} = C_{ABT} \cdot A_{MS}, \quad (1)$$

$$A_{BL} = C_{ABL} \cdot A_{MS}, \quad (2)$$

$$B_B = C_{BB} \cdot B_{MS}, \quad (3)$$

$$L_{PR} = C_{LPR} \cdot A_{LPP}, \quad (4)$$

где A_{BT} – площадь поперечного сечения при прямом перпендикуляре;

A_{BL} – поперечно-секционный таран в продольной плоскости;

B_B – максимальная ширина бульба;

L_{PR} – длину выступающего участка бульба;

$C_{ABT}, C_{ABL}, C_{BB}, C_{LPR}$ – коэффициенты, определяемые по графике (рис 4).

Фактические размеры показаны на рисунке 5. Носовой бульб по данным справочника Войткунского позволяет снизить буксировочное сопротивление судна на 11-14 %. Это способствует увеличению скорости, дальности плавания и экономии топлива

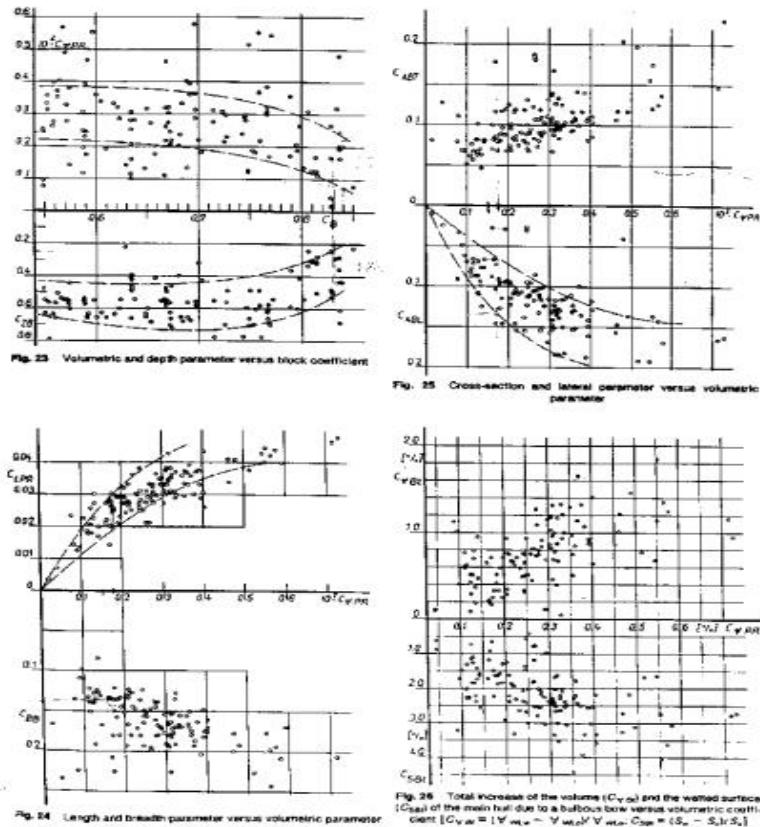


Рисунок 4 – Зависимости проектирования бульба

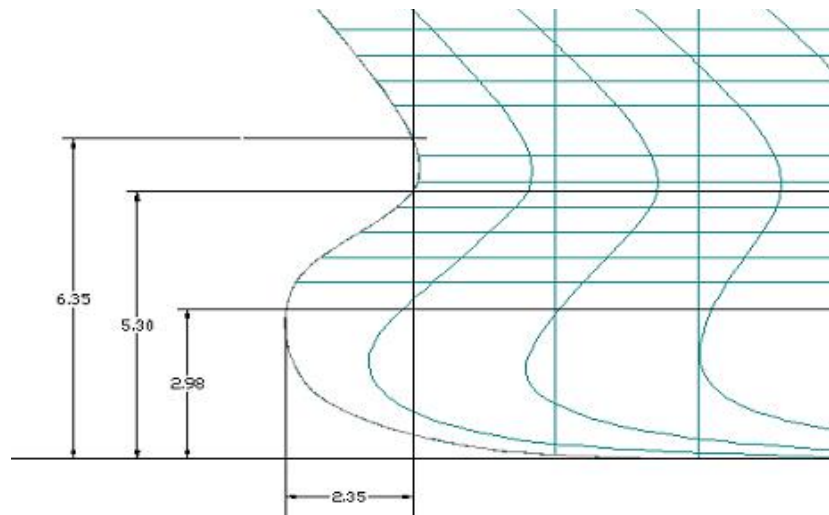


Рисунок 5 – Характеристики формы бульба

В четвертом разделе построена 3D модель поверхности судна, выполнен анализ гидростатики, остойчивости и ходкости танкера. Предложено устройство бассейна для экономии пресной воды. Предложено оригинальное подруливающее устройство, представляющее собой модификацию водоотливной системы судна.

Моделирование поверхности корпуса выполнено в пакете FreeShip на базе NURBS поверхностей. Вводим исходную информацию о судне в системе FreeShip, создаем сетку чертежа, вносим координаты шпангоутов, ватерлиний и батоксов. Затем выполняем построение теоретического чертежа (рис. 6).

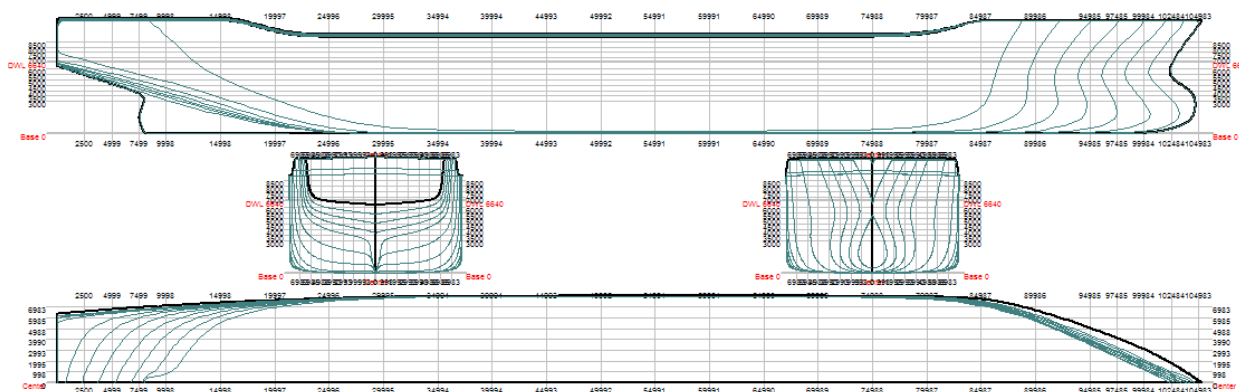


Рисунок 6 – Сформированный теоретический чертеж

Создана 3D модель кормовой надстройки танкера в системе AutoCAD. 3D модель корпуса танкера с надстройкой и оснащением представлен на рисунке 7.

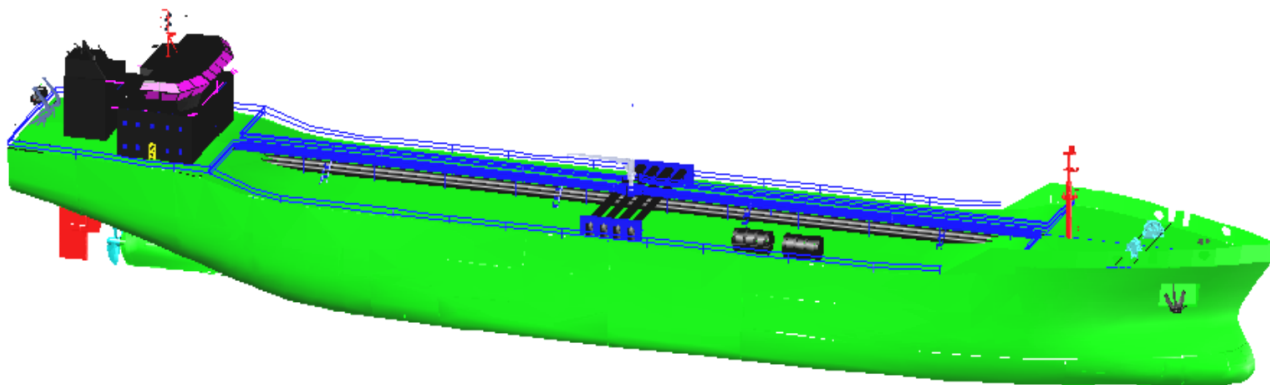


Рисунок 7 – Общий вид корпуса с надстройкой в AutoCAD

Далее в этом разделе проведен анализ остойчивости судна на больших углах крена с помощью программы (FreeShip). Для этого необходимо знать аппликату центра тяжести судна. Аппликата центра тяжести танкера в грузу может быть определена из уравнения начальной остойчивости, приведенного к следующему виду:

$$h = Z_c + r - z_g \approx 0,515T + 0,0805 \times \frac{B^2}{T} \left(1 - \frac{3,5 + L/90}{100}\right) - \mu H, \quad (5)$$

где Z_c – аппликата Ц.В;

r – поперечный метацентрический радиус;

μ – относительная аппликата Ц.Т.

Для выполнения расчетов остойчивости судна (рис. 8) использованы возможностями программы FreeShip. Анализ остойчивости судна по правилам Регистра России (2010) показал, что максимальное плечо GZ_{\max} достигается при углах крена 40° . Начальная метацентрическая высота судна, исправленная на свободные поверхности жидкости, составляет 0,985 метров. Анализ диа-

грамм статической остойчивости у проектного танкера позволяет сделать выводы, что увеличение возвышения центра тяжести над основной плоскостью всегда приводит к ухудшению начальной остойчивости судна и уменьшает запас остойчивости.

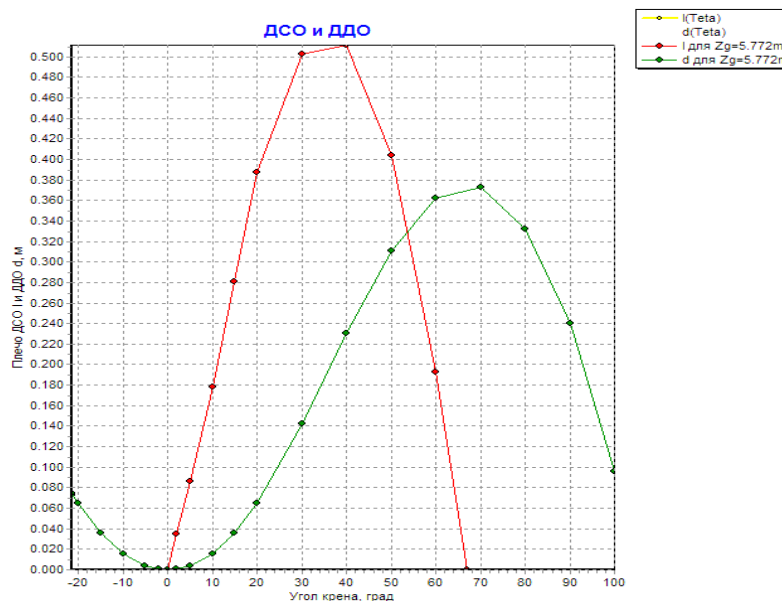


Рисунок 8. - Результат расчёта остойчивости судна в грузу

Проведено исследование сопротивления судна с помощью программы (FreeShip) по методу HOLTROP для судна с характеристиками: длина наибольшая 105,29 м, ширина 15,95 м, осадка 6,64 м, высота борта до главной палубы 8,95 м. Расчёт выполняется автоматически. График (рис. 9) показывает зависимость между скоростью и сопротивлением.

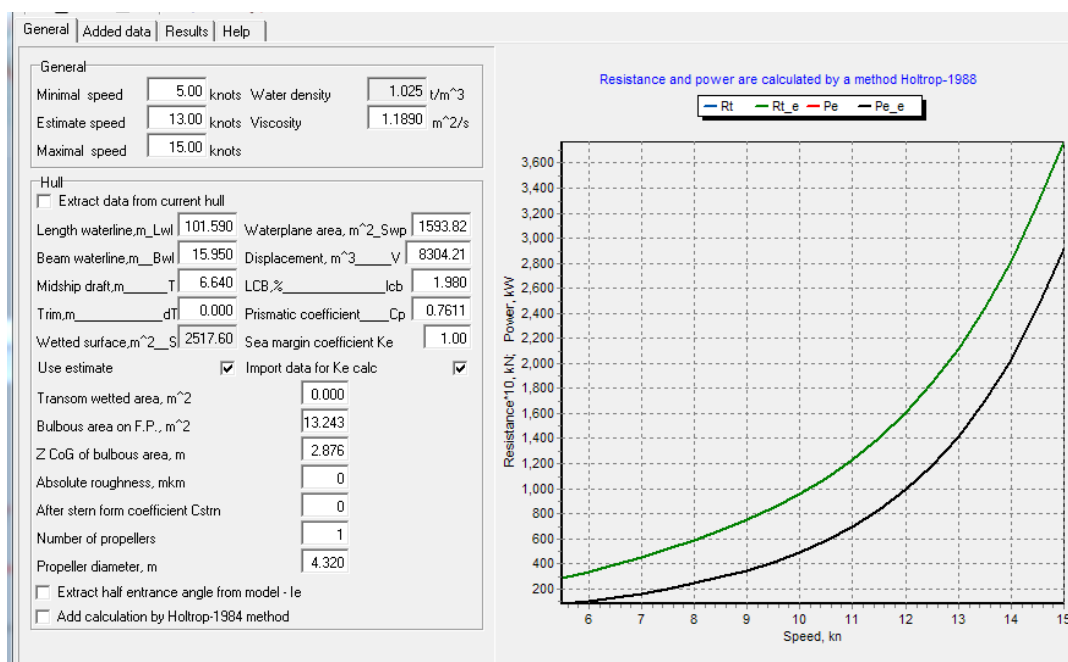


Рисунок 9 – Расчёт сопротивления методом Холтропа-1988

Выполненные расчет сопротивления и буксировочной мощности показали, что этот программный комплекс, в сочетании с его бесплатностью, является великолепным инструментом, позволяющим получить результаты приемлемой точности и во многих случаях избежать дорогостоящих модельных испытаний. Отметим буксировочное сопротивление для проектной скорости (13 уз.): 211,9 кН.

Далее в этой разделе рассматривается способ бассейна для экономии пресной воды в условиях тропиков. Пресная вода стоит достаточно дорого, поэтому необходимо принимать меры для того чтобы сокращать ее расход, не создавая неудобств для экипажа. Для экономии пресной воды системы снабжают невозвратными клапанами в местах расхода. Для этой же цели на проектируемом судне предусмотрен бассейн, в которых люди могут охлаждаться. Для танкера с экипажем 10-16 человек, бассейн может иметь следующие размеры (подтверждены расчетом) (рис.10). Бассейн размещен на верхней палубе в районе трубы. Палуба вокруг него имеет деревянный настил. Установка бассейна и использование его в условиях тропиков обеспечивает существенную экономию пресной воды, до 15 %.

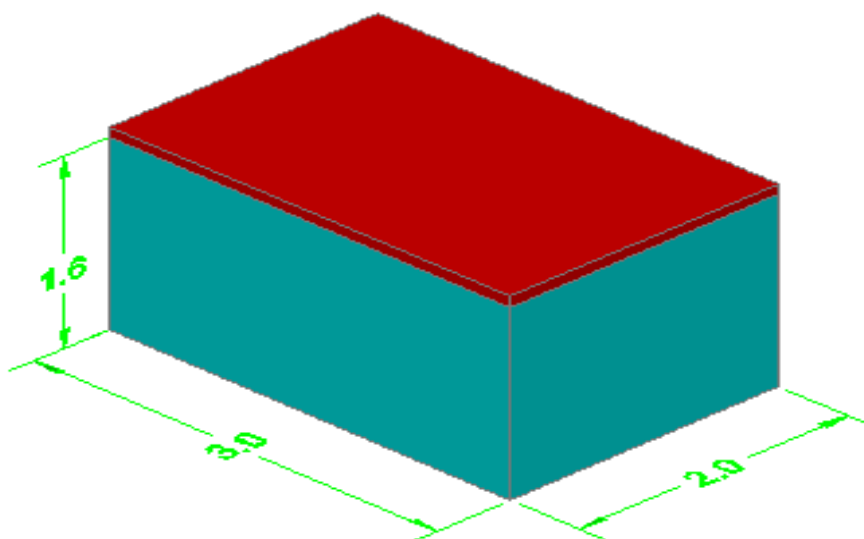
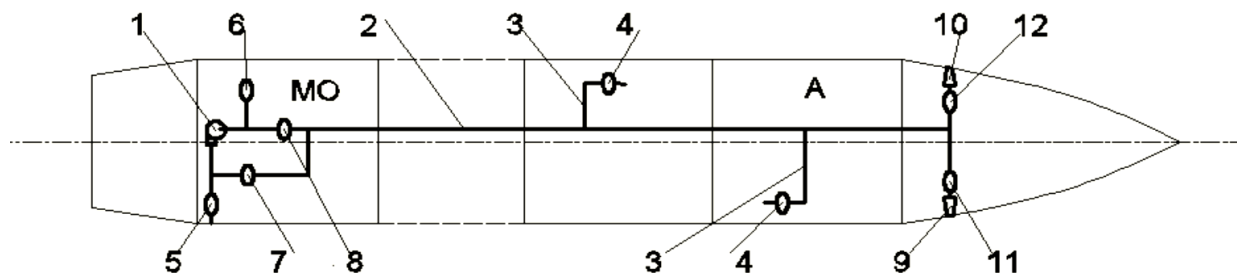


Рисунок 10 – Бассейн для экономии пресной воды

Для повышения маневренности судна на нем установлено подруливающее устройство в виде модифицированной водоотливной системы. Предложенная водоотливная система (рис. 11) как часть многофункционального устройства работает не только как система, но и как подруливающее устройство путем дистанционного переключения ее клапанов. Применение системного подхода путем объединения элементов судна с различными функциями в один многофункциональный позволило уменьшить общую массу систем и устройств, увеличить за счет этого грузоподъемности судна.

В пятом разделе разработана принципиальная технология постройки танкера на верфи республики, включая выполнение монтажных работ и работ по монтажу электрооборудования.



1 – центробежный насос; 2 – магистральный трубопровод; 3 – отросток в непроницаемых отсеках; 4 – невозвратный клапан; 5 – отливной невозвратно - запорный бортовой клапан с приводом; 6 – днищевой запорный клапан; 7 – запорный клапан с приводом; 8 – отсекающий запорный клапан с приводом; 9/10 – сопла; 11/12 – запорный клапан с приводом.

Рисунок 11 – Многофункциональное судовое устройство

Разработанная принципиальная технология постройки судна в условиях верфи Тилава устанавливает ответственность и взаимосвязь служб и цехов предприятия при строительстве и испытании заказа; описывает изготовление ключевых конструктивных узлов корабля; вместе с графиком строительства служит основой для планирования и организации работ, разработки технологической документации и узловых рабочих графиков.

Строительство и основные поставки выполняются согласно графику строительства заказа. Метод формирования корпуса: секционно-блочный. Корпус разбит на 13 отдельных блоков, надстройка разбита на 3 отдельных части.

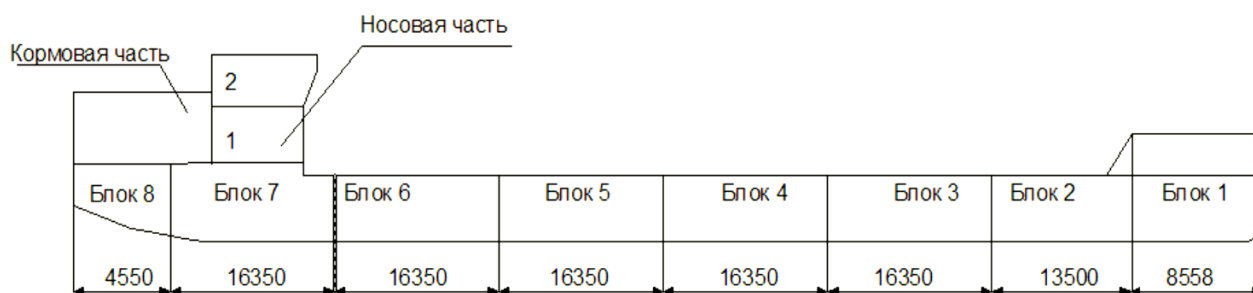


Рисунок 12 – Схема разбивки корпуса на блоки

В работе сформулированы рекомендации по применению современных методов оценки проектов для экономической оценки танкерного флота для перевозки наливных грузов.

Расчет стоимости постройки разработанного проекта судна выполнен методом использования нормативов. Суть метода заключается в том, собственно, что при присутствии некоторых различий между судами в стоимость однородного судна вносятся поправочные коэффициенты, учитывающие их. В

данном случае, учитывая различие в мощности и кубическом модуле LBH судов, расчетная формула характеризуется выражением:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{O_i} \cdot k_{P_i} \cdot k_{(LBH)_i}, \quad (6)$$

где C – рыночная стоимость оцениваемого судна;

C_{O_i} – стоимость i -ого однородного судна (объекта-аналога);

$k_{P_i} = \frac{P}{P_{O_i}}$ – корректировочный коэффициент, учитывающий отличие в

грузоподъемности оцениваемого судна и i -ого судна-аналога;

$k_{(LBH)_i} = \frac{LBH}{(LBH)_{O_i}}$ – корректировочный коэффициент, учитывающий отличие кубического модуля LBH i -ого оцениваемого судна и i -ого судна-аналога;

n – количество судов-аналогов;

P – грузоподъемность оцениваемого судна;

P_{O_i} – грузоподъемность i -ого судна-аналога;

LBH – кубический модуль оцениваемого судна;

$(LBH)_{O_i}$ – кубический модуль i -ого судна-аналога.

В результате расчетов поправочного коэффициента получается следующим образом:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_{O_i}}{P_{O_i} \cdot (LBH)_{O_i}} = 0,202.$$

Таким образом, стоимость по методу расчета рассчитывается по формуле:

$$C = 0,203 \cdot P \cdot (LBH).$$

Рыночная стоимость оцениваемого судна рассчитывается следующим образом:

$$C = 0,203 \cdot 5758,49 \cdot 101,59 \cdot 15,95 \cdot 8,93 = 16896950 \text{ долл.}$$

Стоимость судна водоизмещением 8304 т. составит 16,8 млн. долларов. Снижение стоимости связано с низкой ценой стали и переизбытком судов на рынке. Постройку судна можно осуществить за счет инвестиций государства, частного или совместного предприятия.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В диссертационной работе решена задача, имеющая практическое значение для разработки методик проектирования танкера перевозки наливных грузов для РС Мьянмы.

- выявлены основные архитектурно-конструктивные особенности современных танкеров для перевозки наливных грузов;
- выполнено определение проектировании бульбообразной носовой части для значительно снижения волнового сопротивления при движении судна и следовательно для увеличения скорости, дальности плавания и экономии топлива;
- предложено многофункциональное судовое устройство путем объединения элементов судна с различными функциями в один многофункциональный для обеспечения управляющего силового воздействия на судно при отсутствии хода;
- предложен бассейн, обеспечивающий существенную экономию пресной воды, до 15 % в условиях тропиков;
- предложена технология постройки судна в условиях РС Мьянма;
- выполнена экономическая оценка эффективности танкерного флота для перевозки наливных грузов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. **Лин Тхет.** Исследование подходов к оценке стоимости морских судов / **Лин Тхет, Овчинников Игорь Дмитриевич** // научно-техническое творчество аспирантов и студентов / Редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018.

2. **Лин Тхет.** Исследование состояния подруливающих устройств водоизмещающих судов / **Лин Тхет, Овчинников Игорь Дмитриевич** // научно-техническое творчество аспирантов и студентов / Редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019.