

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет»

На правах рукописи

Золотарев Сергей Сергеевич

**Исследование архитектурно-конструктивных особенностей
транспортных судов ледового плавания**

Направление подготовки

26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской
инфраструктуры»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**



2016

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

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент
Бурменский Андрей Дмитриевич

Рецензент доктор технических наук, профессор
Козин Виктор Михайлович

Защита состоится «25» июня 2016 года в 15 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 техническом университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина 27, ауд. 222

Автореферат разослан __ июня 2016 г.

Секретарь ГЭК

М. П. Шадрин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Для России важность морского транспорта определяется её положением на берегах трёх океанов и протяжённостью морской границы 42 тысячи километров. Практически все моря, омывающие территорию России, являются замерзающими, поэтому большинство судов российского транспортного флота должно быть в той или иной мере приспособлено к работе в ледовых условиях. Одними из таких судов являются суда активного ледового плавания.

Судами активного ледового плавания называют суда, предназначенные для круглогодичного плавания в Арктике как самостоятельно, так и под проводкой ледоколов в зимне-весенний период.

Изменение климата в Арктическом регионе делает перспективным использование СМП в качестве транзитного транспортного коридора. Особенностью транзитной схемы эксплуатации через СМП является то, что в проектах судов должны учитываться как факторы характерные для условий Арктики, так и факторы характерные для плавания в условиях чистой воды. Вследствие того, что подавляющая часть пути проходит по чистой воде, а оставшаяся треть проходит в сложных ледовых условиях, где необходимо применение различных режимов движения.

Это делает востребованным научно-технические исследования, связанные с разработками, как самих методик проектирования, так и отдельных вопросов проектирования транспортных судов предназначенных для транзитных рейсов через СМП.

Целью магистерской диссертации является исследование архитектурно – конструктивных особенностей современных транспортных судов активного ледового плавания и обобщение результатов исследования для задач проектирования данного типа судов.

Основными задачами диссертационной работы являются:

- изучить специальную литературу и другие источники научно-технической информации о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники по тематике магистерской диссертации;
- провести анализ внешних факторов влияющих на эффективность эксплуатации транспортных судов на линиях СМП;
- собрать техническую информацию по характеристикам современных и перспективных транспортных судов активного ледового плавания;
- на основе собранной технической информации провести анализ архитектурно-конструктивных особенностей транспортных судов активного ледового плавания;
- провести анализ влияния требований международных конвенция и правил на проектные характеристики и режимы эксплуатации транспортных судов активного ледового плавания;
- провести анализ методик определения мощности главной энергетической установки транспортных судов активного ледового плавания с учетом двухрежимности их эксплуатации;

– провести предварительный экономический анализ эффективности использования линий СМП в качестве транспортного коридора.

Объектом исследования в данной диссертации являются транспортные суда активного ледового плавания.

Предмет исследования: архитектурно-конструктивные и проектные особенности транспортных судов активного ледового плавания и отдельные вопросы их эксплуатации.

Методы исследования. Для решения поставленных задач и достижения намеченной цели в исследованиях использованы методы системного анализа и математической статистики, методы экономического анализа транспортных систем; современные методы расчета мореходных качеств судов и ледовой ходкости.

Научную новизну результатов исследования составляют:

1. Результаты анализа внешних факторов эксплуатации судов в Арктическом регионе, влияющих на проектные характеристики судов активного ледового плавания и эффективность их эксплуатации.

2. Результаты анализа архитектурно-конструктивных особенностей современных судов активного ледового плавания.

3. Результаты экономического анализа эффективности использования линий СМП в качестве транспортного коридора.

4. Технические предложения по архитектурно-конструктивному типу перспективных контейнеровозов активного ледового плавания.

Практическая значимость и ценность работы состоит в исследовании архитектурно-конструктивных и эксплуатационных особенностей транспортных судов активного ледового плавания как объектов проектирования, а также в проведении экономического анализа эффективности использования линий СМП в качестве транспортного коридора. Результаты исследования являются методической основой для разработки методик проектирования судов перспективных типов.

Результаты работы внедрены в госбюджетную НИР 9.356.2014/К.

Личный вклад автора заключается в выполнении теоретического и практического исследования, включая сбор информации, анализ архитектурно-конструктивных особенностей, проведение экономического анализа эффективности транзитных перевозок по СМП.

На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Результаты анализа внешних факторов, влияющих на экономическую эффективность эксплуатации суда в Арктическом регионе.

2. Результаты анализа архитектурно-конструктивных особенностей современных транспортных судов активного ледового плавания.

3. Технические предложения по перспективному типу контейнеровоза активного ледового плавания, предназначенному для эксплуатации на транзитных линиях СМП.

4. Результаты экономического анализа эффективности использования линий СМП в качестве транзитного транспортного коридора.

Апробация работы и публикации. Результаты и положения, изложенные в диссертации, докладывались и обсуждались на научно-технических семинарах кафедры «Кораблестроение» КнАГТУ, а также ежегодных научно-технических конференциях студентов и аспирантов КнАГТУ (г. Комсомольск-на-Амуре, 2015, 2016 г.).

По теме диссертации автором опубликовано 2 печатные работы:

Структура и объем магистерской диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения. Объем работы: 123 страницы, 68 рисунков и 15 таблиц. Список использованных источников включает 45 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования и определены последовательность решения поставленных задач.

В первом разделе выполнен обзорный анализ развития судов ледового плавания исторического освоения северного морского пути, рассмотрена экономическая значимость северного морского пути, перспективы его развития как транспортного транзитного коридора.

О возможности использования северного морского пути было известно еще в 1525 году, но долгое время это не удавалось. Связанно это было с недостаточным уровнем развития техники, для этого требовались специализированные суда ледового класса и ледоколы. В 1932 году впервые была осуществлена экспедиция, в ходе которой маршрут северного морского пути был пройден за одну навигацию. Полученный опыт обусловил необходимость дальнейшего повышения прочности судового корпуса и мощности энергетической установки строящихся для Арктики ледокольно-транспортных судов. Первые суда самостоятельного активного ледового плавания были созданы в нашей стране в 1908-1909 гг. Эти суда внесли большой вклад в исследование Арктики, сделав ряд географических открытий, а их конструкция явилась исходной при проектировании новых транспортных судов ледового плавания. Появление дизель-электроходов на трассах северного морского пути обеспечило значительный прогресс в арктических грузоперевозках, снабжении труднодоступных островных станций на побережье Арктики, а затем и советских полярных станций в Антарктиде. Позже интенсивное строительство транспортных судов ледового плавания началось с открытием в 1950-1960-х годах крупных месторождений нефти, газа и рудных ископаемых в Арктике и на Аляске. Экономическая значимость северного морского пути не ограничивается только каботажными перевозками по снабжению северного побережья России и экспорта природных ресурсов. Большие перспективы использования северного морского пути так же связаны с открытием транзитных перевозок грузов по его линиям.

Экономическая значимость северного морского пути не ограничивается только каботажными перевозками по снабжению северного побережья России и экспорта природных ресурсов. Использование северного морского пути позволяет сократить рейс на тысячи километров по сравнению с рейсом через Суэцкий канал, когда по мере потепления климата, летний лед Арктики отступает. Большие перспективы использования северного морского пути так же связаны с открытием транзитных перевозок грузов по его линиям. В России уже имеется большой опыт по перевозке контейнеров на трассах северного морского пути. Благодаря судам ледового класса Arc7 которые позволили организовывать практически круглогодичную перевозку контейнеров в сложных ледовых условиях Арктики.

Во втором разделе рассматриваются архитектурно-конструктивные особенности транспортных судов ледового плавания, выполнен обзор развития и современного состояние транспортных судов ледового плавания

Архитектурно-конструктивный тип судна это обобщенная характеристика основных архитектурных особенностей судна. Архитектурно-конструктивный тип характеризуется числом и конструкцией палуб, количеством продольных и поперечных переборок, расположением машинного отделения, формой мидель-шпангоута, форштевня и кормы подкреплениями корпуса в том числе ледовыми, числом и расположением двигателей и Развития и создание транспортных судов ледового плавания непосредственно связано с расширением сроков навигации в замерзающих морях и обеспечением мореплавания в новых ледовых районах.

Накопленный опыт ледового плавания показывает, что для безопасной и эффективной перевозки грузов в ледовых условиях необходимы суда специальной усиленной конструкции, которые способны противостоять ледовым сжатиям и плавать во льдах самостоятельно не подвергаясь опасности получения ледовых повреждений корпуса и винто-рулевого комплекса. Для этого усиливается набор, устанавливаются дополнительные промежуточные шпангоуты и увеличивается толщина наружной обшивки корпуса. Суда ледового плавания имеют специальную форму обводов корпуса, обеспечивающую эффективное разрушение ледяного покрова, притапливание и раздвигание битого льда. Мощность энергетической установки этих судов и ее маневренные качества, как правило, выше, чем у обычных судов таких же размерений. Они снабжаются специальными устройствами и системами: защитными устройствами для предотвращения ледовых повреждений винтов и рулей, креновыми и дифференциальными системами для высвобождения из заклиниваний во льдах, пневмо- и гидро-промывающими устройствами, мощными буксирными устройствами и т.д. Выполнение корпуса судна с двойными бортами и двойным дном и с упрощенными обводами позволяет судну плавать в условиях мелкобитого льда северных арктических морей.

Принцип двойного действия для судна ледового класса заключается в возможности движения кормой вперед и разрушения льда сразу двумя режущими кромками. Для возможности судна совершать движение кормой

вперед и для повышения маневренных характеристик во льдах предполагается установка винто-рулевых колонок типа Azipod. За счет расположения в корме движителя достигается эффект омывания корпуса судна что облегчает движение судна во льду. Для судов активного ледового плавания рассчитанных на круглогодичную эксплуатацию такой тип кормовых обводов наиболее характерен. На судах арктических категорий: вертикальный борт в районе ледового пояса не допускается в нос от цилиндрической вставки; в носу не должно быть бульба; в корме не допускается транцевая форма кормы и необходим ледовый зуб выступ для защиты руля на заднем ходу.

В третьем разделе Проведен анализ требований нормативных документов к судам ледового класса и приведены данные соответствия ледовых классов различных классификационных обществ

В настоящее время к судам ледового плавания применяется множество требований различных классификационных обществ. Необходимость выполнения этих требований обусловлена обеспечением безопасности эксплуатации судов.

Российский морской регистр судоходства осуществляет обеспечение безопасности мореплавания. Согласно ему все суда ледового плавания в зависимости от их назначения и конструкции разделены на категории. Установлено девять категорий судов ледового плавания.

По МАКО суда ледового класса делятся на следующие категории: РС1 - Круглогодичная эксплуатация во всех полярных водах; РС2 - Круглогодичная эксплуатация в умеренных условиях многолетнего льда; РС3 - Круглогодичная эксплуатация в двухлетних льдах, которые могут иметь включения многолетнего льда; РС4 - Круглогодичная эксплуатация в толстом однолетнем льду, который может иметь включения старого льда; РС5 - Круглогодичная эксплуатация в среднем однолетнем льду, который может иметь включения старого льда; РС6 - Летне-осенняя эксплуатация в среднем однолетнем льду, который может иметь включения старого льда; РС7 - Летне-осенняя эксплуатация в тонком однолетнем льду, который может иметь включения старого льда. Требования МАКО во многом схожи и отличаются от регистра отсутствием таких ледовых классов как Ice8, Ice 9.

Согласно полярному кодексу все суда разделены на категории А, В и С. К судам категории А относятся суда эксплуатирующийся в Полярных водах покрытых льдом, включая двух- и многолетние льды. Судно этой категории может работать в покрытых льдом водах в условиях, когда многолетний лёд не создает конструктивный риск для судна. Суда ледового класса, соответствующего полярным классам РС1-5.

К судам категории В относятся суда эксплуатирующийся Полярные воды, покрытые льдом в условиях однолетнего льда. Судно этой категории может работать в водах, покрытых льдом, в том числе старым льдом. Опасными факторами являются Работа в однолетнем льду. От очень низких до низких температур (до -40°C). Удалённость – отсутствие или очень ограниченные возможности получения надлежащей помощи и пополнения

запасов топлива/медицинского обслуживания в случае необходимости. Нанесение вреда окружающей среде

К судам категории С относятся суда эксплуатирующийся Полярные воды, свободные ото льда. Суда этой категории могут работать в полярных водах только в летне-осенний период, когда лед не представляет конструктивного риска для судна. Требований к ледовым подкреплениям нет. Корпус судна должен иметь двойной борт. Смягчающие меры, описанные в настоящем кодексе, должны обязательно включать прием. Опасным фактором для этого класса Низкие температуры. Удалённость отсутствие или очень ограниченные возможности получения надлежащей помощи и пополнения запасов топливamedического обслуживания в случае необходимости.

В четвёртом разделе описывается ледовые усиления их конструктивные особенности и методики определение масс ледовых усилений транспортных судов ледового плавания.

Ледовая категория судна влияет на форму корпуса в оконечностях наклон форштевня и шпангоутов У судов активного ледового плавания объем ледовых подкреплений достигает 20-21% от массы корпуса судна что сильно влияет на его остойчивость, это связано с нагрузками которые испытывает корпус при движении судна во льдах. В связи с проектированием большого количества арктических транспортных судов разных классов определение масс ледовых усилений считается весьма важной задачей.

Увеличение массы корпуса от ледовых усилений зависит от ледовой категории судна. Поправочный коэффициент $k_{л}$ можно определять в зависимости от водоизмещения судна следующим образом

$$k_{л} = 1 + 0.01(A_0 - A_1 D^{0.25}), \quad (4.7)$$

где коэффициенты A_0 и A_1 определяются для заданной ледовой категории по Суммируя и упрощая выражение для массы металлического корпуса и защитных материалов (4.6.6) примет вид

$$P_{мк} = k_{л} (7 \cdot 10^{-3} LBH + 0.75 \cdot 10^{-2} LB + P_{рм}^{мк}) + 4.25 \cdot 10^{-2} (LBH)^{0.667} + 0.86 \cdot 10^{-2} P_{зп} + 39.558, \quad (1)$$

где $P_{рм}^{мк}$ — суммарная составляющая статьи нагрузки «масса металлического корпуса и защитных материалов», определяемая на основе расчетного моделирования. Так же для сравнительного анализа применили регрессионной модели определения масс конструкции

$$\Delta = \sum_{i=1}^n G_i + \sum_{i=1}^k C_i + G_{лу}, \quad (2)$$

где Δ — водоизмещение судна;

G_i — массы, зависящие от размерений и других характеристик судна;

C_i — независимые массы, принимаемые как константы;

$G_{лу}$ — приращение масс конструкций ледовых усилений.

$$G_{5-9} = [a_1(L + a_2L_H)^{a_1} B^{a_4} d^{a_5} C_B^{a_6})^{a_9}] k_{ReH} k_{DAS} , \quad (3)$$

где $a_1 - a_{11}$ - коэффициенты регрессии;

k_{ReH} - коэффициент влияния предела текучести;

k_{DAS} - коэффициент влияния применения концепции DAS

При сопоставлению методик с дополнительными расчетными значениями, выходящими за пределы исследованных диапазонов, продемонстрировал, что полученные зависимости и в этом случае приводят к результатам приблизительно той же точности. Это позволяет считать полученные зависимости универсальными и применимыми ко всем типам современных морских судов, форма корпуса и корпусные конструкции которых удовлетворяют требованиям Правил российского морского регистра судоходства.

В пятом разделе изложены проблемы и современные исследования для определения ходкости судна

Для судов ледового плавания ходкость определяется с одной стороны сопротивлением на чистой воде и сопротивление движения судна во льдах, а с другой стороны режимом работы судовых движителей. Сопротивление и скорость движения на чистой воды для судов ледового плавания является важной характеристикой так как две трети пути при транспортировке грузов пролегает по чистой воде, а оставшееся в сложных ледовых условиях. Эти данные нужны для определения времени перехода от порта до акватории северного морского пути и обратно по участкам чистой воды, Так же они необходимы для составления полного ледового сопротивления.

В шестом разделе описана оценка экономической эффективности северного морского пути на примере контейнеровозов.

Использование СМП в качестве дополнительного международного контейнерного коридора обусловлено следующими обстоятельствами: сокращение протяженности маршрута; снижение расходов на топливо; сокращение времени транспортировки контейнеров.

Результаты моделирования в исследовании показывают, что объем контейнерного потока с Запада на Восток может составить до 2 120 000 TEU, а в обратном направлении около 1 150 000 TEU, что составляет около 1,5 % от общего контейнера на данном направлении. Предварительный экономический анализ проводится на базе сравнения эффективности транспортировки контейнеров между странами Северной Европы и Дальнего Востока по различным альтернативным маршрутам; южный (через Суэцкий канал);- северный (через Северный морской путь).

В качестве конечных точек маршрутов выбраны порты Роттердам в Северной Европе и Токио в Северо-восточной Азии. Среднее расстояние между данными портами по вариантам маршрутов составляет: через СМП – 6890 миль; через Суэцкий канал – 11724 мили.

В качестве транспортных средств рассматриваются контейнеровозы вместимостью 3000 TEU – без ледовых усилений и с ледовыми усилениями, обеспечивающими круглогодичную эксплуатацию на линиях СМП.

По приведенной методике расчета экономических показателей эксплуатации контейнеровозов были проведены расчеты продолжительности рейсов, себестоимости и рентабельности транспортировки контейнеров по различным вариантам маршрутов транспортировки. При этом варьировался уровень тарифов транспортировки контейнеров, цена топлива и варианты прохождения трассы СМП. Расчеты проводились в электронных таблицах Excel. Пример варианта расчета для «южного» маршрута через Суэцкий канал приведен в таблицах

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.

В диссертационной работе решена задача, имеющая теоретическое значение – результаты исследования могут являться методической основой разработки исследовательских систем проектирования судов активного ледового плавания:

Основные результаты диссертационной работы состоят в следующем:

1. Проведен анализ внешних факторов, влияющих на экономическую эффективность эксплуатации суда в Арктическом регионе.

2. Проведен сравнительный анализ архитектурно-конструктивных особенностей современных транспортных судов активного ледового плавания.

3. Представлены технические предложения по перспективному типу контейнеровоза активного ледового плавания, предназначенному для эксплуатации на транзитных линиях СМП.

4. Получены результаты экономического анализ эффективности использования линий СМП в качестве транзитного транспортного коридора.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Золотарев, С.С. Суда активного ледового плавания / С.С. Золотарев, А.Д. Бурменский // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 01-15 апреля 2016 г. / редкол.: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016.– С. 216-217.

2. Золотарев, С.С. Особенности определения мощности судов ледового плавания / С.С. Золотарев, А.Д. Бурменский // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 01-15 апреля 2016 г. / редкол.: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016.– С. 218-219.