

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОГО ФЛОТА»
(АО «ЦНИИМФ»)**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с 1955 года

Санкт-Петербург
2022

УДК 656.6

Сборник научных трудов АО «ЦНИИМФ». – СПб.: ООО «Ай-Пи»,
2022. – 120 с.

ISBN 978-5-8072-0158-4

Рассмотрен широкий круг актуальных проблем, связанных с работой морского и внутреннего водного транспорта, включая перспективы развития, организацию деятельности, управление, планирование, экономические вопросы, обеспечение безопасности перевозок, аспекты морского права, техническую эксплуатацию флота.

Представлены итоги работ по методическому и информационному обеспечению проведения независимой оценки квалификации на морском и внутреннем водном транспорте, включая обоснование возможности создания Центра оценки квалификации на морском и внутреннем водном транспорте на базе АО «ЦНИИМФ».

Освещены актуальные вопросы морского права, в частности, на примере инцидента с эсминцем «Дефендер» в Черном море в июне 2021 года разбираются проблемы правового характера, связанные с установлением путей движения судов и выполнения государствами своих международных обязательств. Рассмотрен ход преобразования Международной ассоциации морских средств навигационного оборудования и маячных служб в межправительственную международную организацию путем принятия международной конвенции.

В сборник трудов вошли результаты исследований, связанных с развитием круглогодичной транспортной системы в акватории арктических морей: анализ наличия, состояния и планов развития ледокольного флота Российской Федерации как одного из важнейших элементов транспортной инфраструктуры Северного морского пути (далее – СМП). Представлены результаты проведенных в марте 2022 года натурных испытаний одного из методов ледокольной проводки судов по СМП – буксировки судна вплотную за ледоколом – «на усах». Приведены методические основы прямого расчета нагрузок от воздействия льда на конструкции вертикального борта судна.

В области развития, экономики и экологии морского транспорта: выполнен анализ конъюнктуры фрахтового рынка танкерного флота в целом и по выделенным сегментам, описана и проанализирована рыночная ситуация за период 2019–2021 годов. Определены перспективные ниши судостроительного производства, и выполнен прогноз развития судостроительной отрасли. Исследованы актуальные проблемы борьбы с экологическим загрязнением атмосферного воздуха, а также основные направления использования газового, спиртового и водородного топлива, представлены аргументы в пользу переоборудования судов, показаны основные результаты деятельности АО «ЦНИИМФ» в области разработки документов по стандартизации. Проведен сопоставительный анализ методик нормирования допустимого износа элементов корпусных конструкций.

УДК 656.6

Редакционная коллегия:

С. И. Буянов – канд. экон. наук, генеральный директор, *председатель редакционной коллегии, научный редактор*

В. Я. Васильев – канд. техн. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по безопасности мореплавания и морскому праву

О. Н. Буров – канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по организации и технологии работы флота и портов

А. С. Буянов – канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по развитию, экономике и экологии морского транспорта

И. З. Черейский – заместитель генерального директора по научной работе, по технической эксплуатации и ремонту флота, охране труда

Д. П. Коновалов – ученый секретарь, корпоративный секретарь

В. В. Кошкина – руководитель управления технического регулирования, менеджмента качества и научно-технической информации, *ответственный редактор и секретарь*

© Акционерное общество «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота» (АО «ЦНИИМФ»), 2022

ISBN 978-5-8072-0158-4

Содержание

<i>С. И. Буянов, М. О. Соколов.</i> О создании центра квалификации на морском и внутреннем водном транспорте на базе АО «ЦНИИМФ».....	4
<i>В. Я. Васильев.</i> Установление путей движения судов и право мирного прохода (на примере инцидента с эсминцем «Дефендер»).....	13
<i>В. Я. Васильев.</i> О статусе конвенции о международной организации по морским средствам навигационного оборудования	21
<i>А. С. Буянов.</i> Подходы к оценке потребности в ледокольном обеспечении на трассах Северного морского пути с учетом перспективных грузопотоков до 2030 года.....	24
<i>А. А. Петров, М. С. Шилкина.</i> Натурные испытания буксировки судна вплотную за ледоколом	37
<i>В. В. Якимов.</i> Практический метод прямого расчета нагрузок от воздействия льда на конструкции вертикального борта судна.....	45
<i>А. С. Буянов, Е. В. Бабчук, О. Н. Леонова.</i> Комплексный анализ состояния и перспектив развития судостроительного производства России.....	54
<i>М. А. Лихачева.</i> Особенности формирования фрахтовых ставок на рынке танкерного флота.....	67
<i>А. С. Буянов, А. С. Реуцкий.</i> Перспективы бункеровки судов альтернативными видами топлива	89
<i>А. С. Реуцкий, Е. В. Володченко.</i> Актуальность и технические возможности перевода судов на сжиженный природный газ (СПГ).....	103
<i>Е. А. Морозова, А. Б. Петров.</i> Сопоставительный анализ методик нормирования допустимого износа элементов корпусных конструкций РС и некоторых ИКО	111

О СОЗДАНИИ ЦЕНТРА ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ НА МОРСКОМ И ВНУТРЕННЕМ ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ НА БАЗЕ АО «ЦНИИМФ»

С. И. Буянов, канд. экон. наук, генеральный директор

М. О. Соколов, канд. мед. наук, руководитель Отраслевого научно-методического центра охраны труда на морском транспорте

Обоснована возможность создания Центра оценки квалификации на морском и внутреннем водном транспорте (далее – ЦОК на МВВТ) на базе АО «ЦНИИМФ». Приведена характеристика профессиональных стандартов, необходимых для определения перечня квалификаций для ЦОК. Изложены права и обязанности ЦОК. Представлен комплект документов, необходимых для создания ЦОК, а также перечень мероприятий по созданию ЦОК на МВВТ на базе АО «ЦНИИМФ».

Ключевые слова: Центр оценки квалификации, квалификация, система независимой оценки квалификации, Совет по профессиональной квалификации, морской и внутренний водный транспорт.

Созданию ЦОК на МВВТ предшествовала большая работа по методическому и информационному обеспечению проведения независимой оценки квалификации на морском и внутреннем водном транспорте. Для этого в структуре Совета по профессиональной квалификации (далее – СПК) в 2018 году была создана Рабочая группа № 3 СПК на МВВТ.

Задачей третьей рабочей группы является разработка методического и информационного обеспечения проведения независимой оценки квалификации [1].

На первом этапе заседания третьей рабочей группы была рассмотрена и одобрена Концепция о системе оценки квалификации на МВВТ. Концепция также была рассмотрена на заседании СПК на МВВТ и одобрена с учетом высказанных замечаний.

При разработке Концепции были учтены следующие факторы:

- организационная структура системы оценки квалификации на МВВТ, в первую очередь в портовом секторе, должна базироваться на имеющейся инфраструктуре оценки квалификации работников отрасли;
- необходимость учета существующего уровня квалификации, знаний и умений работников отрасли.

Важным элементом системы оценки квалификации на МВВТ является ЦОК. Именно он проводит процедуру независимой оценки квалификации.

Требования к ЦОК и Порядку отбора организаций для наделения их полномочиями по проведению независимой оценки квалификаций и прекращения этих полномочий определены приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19 декабря 2016 г. № 759н [2]. Осуществляет отбор организаций и наделяет их полномочиями ЦОК Совет по профессиональным квалификациям [3].

Перечень квалификаций определяется для ЦОК Советом при наличии утвержденных профессиональных стандартов по конкретным специальностям на МВВТ.

Специалистами третьей рабочей группы были проведены работы по анализу принятых и введенных в действие профессиональных стандартов, выделены стандарты, которые в соответствии с ч. 2 ст. 57 Трудового кодекса Российской Федерации связаны с вредными условиями труда, льготами, компенсациями и ограничениями. В частности, одним из таких стандартов был определен профессиональный стандарт «Механизатор (докер-механизатор) комплексной бригады на погрузочно-разгрузочных работах в морских и речных портах».

Документ содержит: описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт (функциональная карта вида профессиональной деятельности); характеристику обобщенных трудовых функций (подготовительные работы для использования транспортных средств, складов, рабочих мест и грузов в морских и речных портах; размещение грузов в складах морских и речных портов и отгрузка из складов; эксплуатация и техническое обслуживание подъемно-транспортного оборудования в морских и речных портах); сведения об организациях – разработчиках профессионального стандарта.

Характеристика обобщенных трудовых функций включает: наименование должностей и профессий; требования к образованию и обучению; требования к опыту практической работы; особые условия допуска к работе; необходимые умения и знания для выполнения определенных трудовых действий и другое.

В своей деятельности ЦОК на МВВТ обязан:

- руководствоваться положениями федерального законодательства в сфере независимой оценки квалификаций, профессиональных стандартов, руководящих и методических документов СПК;
- осуществлять оценку квалификации по установленному СПК перечню в соответствии с областью деятельности;
- определять стоимость процедуры оценки квалификации в соответствии с методикой, утвержденной СПК;
- обеспечить передачу в СПК сведений установленного формата о результатах оценки квалификаций (в том числе документов по проведенной оценке квалификаций – по запросу СПК) в установленные СПК сроки;
- обеспечивать информационную открытость своей деятельности в соответствии с утвержденным положением.

ЦОК имеет право: выдавать соискателю от имени СПК свидетельство о профессиональной квалификации по утвержденной форме; принимать участие в разработке нормативных, руководящих и методических документов СПК; организовывать и проводить научно-методические конференции, выставки, семи-

нары и совещания с целью обобщения опыта деятельности по оценке квалификации, разъяснения методических, организационных, процедурных вопросов и документов СПК.

В соответствии с приказом Минтруда России № 759н [2] специалистами АО «ЦНИИМФ» был подготовлен комплект документов по созданию ЦОК на МВВТ, который был представлен в СПК 10 февраля 2021 года.

В состав комплекта документов, представленных в СПК, вошли следующие:

- Требования к ЦОК и порядок отбора и прекращения полномочий ЦОК СПК на МВВТ;
- Положение о подготовке и аттестации экспертов квалификационной комиссии ЦОК СПК на МВВТ;
- Требования к экспертам и порядок подтверждения их квалификации на право участия в работе экспертной комиссии ЦОК СПК на МВВТ;
- Положение об Апелляционной комиссии СПК на МВВТ по рассмотрению жалоб, связанных с результатами прохождения профессионального экзамена и выдачей свидетельства о квалификации;
- Методика определения стоимости услуг по оценке квалификации;
- Положение о Центральной Аттестационной комиссии СПК на МВВТ;
- Программа повышения квалификации «Эксперт по независимой оценке квалификации по профессиональным стандартам СПК на МВВТ»;
- Проект наименований квалификаций в области МВВТ и требования к квалификации:
 - Механизатор (докер-механизатор) комплексной бригады на погрузочно-разгрузочных работах в морских и речных портах;
 - Инженер-экономист водного транспорта.

Заявка института была рассмотрена в установленном порядке на заседании СПК, и 29 апреля 2021 года АО «ЦНИИМФ» было наделено полномочиями ЦОК (протокол № 9 от 29.04.2021).

Для квалификации «Докер-механизатор комплексной бригады на погрузочно-разгрузочных работах в морских и речных портах» для 1–4-го классов были разработаны, согласованы с СПК на МВВТ (протокол № 9 от 29.04.2021) и утверждены в установленном порядке в Национальном агентстве развития квалификаций «Оценочные средства».

При подготовке оценочных средств учитывались типовые программы и оценочные средства, применяемые в настоящее время при подготовке докеров-механизаторов в учебных комбинатах морских портов.

Практическая часть экзамена, так как это требует задействования большого количества технических средств, предусматривает выполнение заданий на производственных площадках портовых операторов в условиях, максимально приближенных к реальным, так как нельзя забывать, что чем выше доля условностей в действии, тем ниже достоверность оценивания квалификации. Применяется так называемый метод портфолио. Оценочные средства разработаны для каждого наименования квалификации.

В составе комплекта документов, представленных в СПК на МВВТ, необходимо выделить следующие:

- Организационная структура взаимодействия участников проведения независимой оценки квалификации в СПК на МВВТ (рисунок 1).

Укрупненно она включает в себя СПК на МВВТ, ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» и сеть экзаменационных центров при морских портах на базе учебных комбинатов и других центров.

- Ресурсное обеспечение взаимодействия ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» с экзаменационными центрами (рисунок 2).

Ресурсное обеспечение включает: кадровое, информационное, программное, материально-техническое обеспечение и др.

- Функциональная схема взаимодействия экзаменационных центров с ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» (рисунок 3).

Все взаимодействия происходят через ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ».

После получения подтверждения о наделении АО «ЦНИИМФ» полномочиями ЦОК на МВВТ в институте была развернута полномасштабная работа по следующим направлениям.

1. Создание и оснащение ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ».

Выделено помещение для ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ», завезена и установлена мебель. Завезены, установлены и подключены компьютеры, принтер и система видеонаблюдения.

Для проведения оценки квалификации в настоящее время подготовлено шесть рабочих мест, оснащенных необходимым оборудованием.

2. Создание цифровой платформы оценки квалификации «Докер-механизатор комплексной бригады».

Разработана цифровая платформа (программный комплекс) по тестированию оценочных средств для докеров-механизаторов. Специалистами института доработаны оценочные средства для 1, 2, 3 и 4-го классов квалификации докеров-механизаторов.

Цифровая платформа, кроме оценочных средств, включает в себя следующие формы:

- формы для регистрации соискателей при проведении профессионального экзамена (9 форм);
- формы для регистрации комплекта документов соискателей (9 форм).

Цифровая платформа установлена на шести рабочих местах в компьютерном классе.

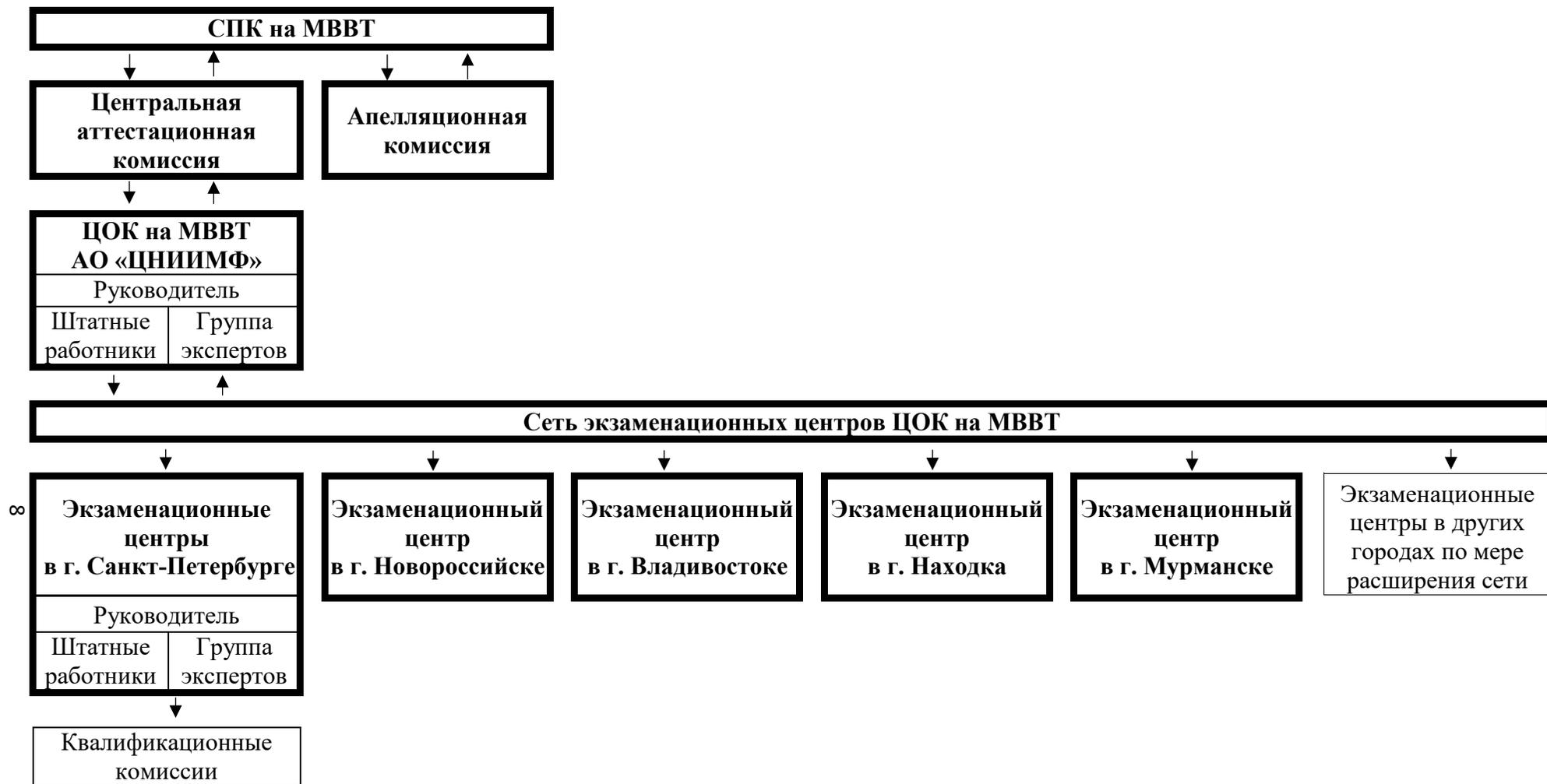


Рисунок 1 – Организационная структура взаимодействия участников проведения независимой оценки квалификации в СПК на MBVT



Рисунок 2 – Ресурсное обеспечение взаимодействия ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» с экзаменационными центрами

29 сентября 2021 года сотрудниками ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» совместно с представителями Морского кадрового агентства Санкт-Петербурга и представителями профсоюза докеров-механизаторов (председатель и его заместитель) успешно проведена опытная эксплуатация Оценочных средств для выпускников учебного комбината (4-й класс докеров-механизаторов). По результатам тестирования участниками были внесены предложения по совершенствованию цифровой платформы в части удобства пользования. В настоящее время цифровая платформа доработана.



Рисунок 3 – Функциональная схема взаимодействия экзаменационных центров с ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ»

3. Заключение договоров ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» с экзаменационными центрами.

В настоящее время заключены договоры с четырьмя экзаменационными центрами:

- Санкт-Петербург: ООО «Морское кадровое агентство»;
- Санкт-Петербург: ООО «Многофункциональный центр «Развитие»;
- Находка: ЧОУ ДПО «Находкинский центр охраны труда»;
- Новороссийск: АНО «Центр оценки и сертификации квалификаций Краснодарского края».

В настоящее время ведутся работы по заключению договоров еще с двумя экзаменационными центрами: Новороссийским морским торговым портом (Учебный комбинат) и Мурманским морским торговым портом.

В декабре 2021 года состоялось рабочее совещание с руководителями экзаменационных центров о внедрении на их базе электронной платформы по оценке квалификаций докеров-механизаторов и их взаимодействию с ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ». Рассматривались также вопросы по подготовке экспертов по оценке квалификаций докеров-механизаторов на базе образовательного центра ЦНИИМФ.

В январе 2022 года представители экзаменационных центров провели опытную эксплуатацию цифровой платформы по оценке квалификаций докеров-механизаторов.

4. Подготовка программ повышения квалификации «Эксперт по независимой оценке квалификации по профессиональным стандартам СПК на МВВТ».

Подготовлены оценочные средства к проекту Программы повышения квалификации «Эксперт по независимой оценке квалификации по профессиональным стандартам СПК на МВВТ». Проект программы прошел рассмотрение в СПК на МВВТ, проект был разослан всем членам СПК, которые высказали замечания и предложения по их совершенствованию. Все замечания были отработаны.

Программа повышения квалификации «Эксперт по независимой оценке квалификаций по профессиональным стандартам СПК на МВВТ» была согласована СПК на МВВТ (протокол № 11 от 10.09.2021).

5. Проведение работ по созданию личного кабинета ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» в «Национальном агентстве развития квалификаций» (далее – НАРК).

Была осуществлена проработка вопросов по обеспечению взаимодействия между цифровой платформой ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» и электронной платформой НАРК по передаче и размещению результатов оценки квалификаций.

В настоящее время в личном кабинете ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» в НАРК зарегистрированы профессиональные квалификации «Докер-

механизатор...» 1–4-го классов, ЦОК на МВВТ АО «ЦНИИМФ» и четыре экзаменационных центра, с которыми заключены договоры.

Работы в этом направлении продолжаются.

б. Проведение публичных мероприятий по популяризации «Независимой оценки квалификации на МВВТ».

25 ноября 2021 года АО «ЦНИИМФ» организовало проведение семинара «Независимая оценка квалификации в организациях операторов портовой деятельности». Цель семинара – дать операторам портовой деятельности информацию о ходе работ по созданию системы независимой оценки квалификации на МВВТ.

С докладами на семинаре выступили представители АНО «Национальное агентство развития квалификаций», председатель СПК на МВВТ, АО «ЦНИИМФ», Ассоциации морских торговых портов, «Морское кадровое агентство» в Санкт-Петербурге, председатель Российского профсоюза докеров. В работе семинара приняли участие более 50 человек со всех регионов России. По итогам работы семинара был сделан вывод о том, что во многих морских портах Российской Федерации недостаточно необходимой информации и что аналогичные семинары необходимо проводить периодически.

В заключение необходимо отметить, что работы по созданию ЦОК на МВВТ на базе АО «ЦНИИМФ» ведутся в соответствии с утвержденным планом. В работе ЦОК будет задействовано достаточно большое количество специалистов со всех регионов России. Предполагается, что в течение 2022 года ЦОК АО «ЦНИИМФ» начнет полномасштабную работу по своему назначению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральное агентство морского и речного транспорта [Электронный ресурс]. – URL: <https://morflot.gov.ru/lenta/n3817.html> (дата обращения: 04.04.2022).
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 19 декабря 2016 г. № 759н «Об утверждении требований к центрам оценки квалификаций и Порядка отбора организаций для наделения их полномочиями по проведению независимой оценки квалификации и прекращения этих полномочий» // Гарант: информационно-правовой портал [Официальный сайт]. – URL: <https://www.garant.ru/> (дата обращения: 01.04.2022).
3. Буянов С. И. О создании системы независимой оценки квалификации на морском и внутреннем водном транспорте / С. И. Буянов, Л. Н. Буянова, М. О. Соколов // Сборник научных трудов АО «ЦНИИМФ». – 2020. – № 1. – С. 4–11.

УДК 341.225.5

УСТАНОВЛЕНИЕ ПУТЕЙ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ И ПРАВО МИРНОГО ПРОХОДА (НА ПРИМЕРЕ ИНЦИДЕНТА С ЭСМИНЦЕМ «ДЕФЕНДЕР»)

В. Я. Васильев, канд. техн. наук, магистр права, заместитель генерального директора по научной работе, по безопасности мореплавания и морскому праву

Современное состояние и постоянная интенсификация морских перевозок требуют повышенного внимания к обеспечению безопасности мореплавания и охране окружающей среды. Одной из важнейших мер по обеспечению безопасности мореплавания является установление путей движения судов. Корректно установленные пути движения судов снижают возникновение рисков навигационных аварий, позволяют проводить эффективный мониторинг потока судов. При плавании в прибрежных водах особое значение имеют пути движения судов, по которым осуществляется мирный проход через территориальное море. В статье, в том числе на примере инцидента в Черном море в июне 2021 года, разбираются проблемы правового характера, связанные с установлением путей движения судов и выполнением государствами своих международных обязательств.

Ключевые слова: пути движения судов, схема разделения движения, мирный проход, Международная морская организация, безопасность мореплавания.

Важнейшей частью обеспечения безопасности мореплавания являются системы установленных путей движения судов (УПДС). Согласно правилу 10 Конвенции СОЛАС-74¹ единственным международным органом по разработке руководств, критериев и правил по системам установленных путей движения судов на международном уровне является Международная морская организация (ИМО).

Цели, с которыми устанавливаются эти пути, виды установленных путей и терминология, процедуры, которые должно соблюдать прибрежное государство, а также основы их проектирования, процедуры и ответственность прибрежного государства при введении новых или изменении существующих путей содержатся в Резолюции ИМО А.572(14) – General Provisions on Ship's Routing, перевод которой издан ГУНиО МО в виде книги 9036 «Общие поло-

¹ Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года, измененная Протоколом 1978 года и Протоколом 1988 года (постановление Правительства Российской Федерации от 16 июня 2000 г. № 456 «О присоединении Российской Федерации к Протоколу 1988 года к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 года») // Бюллетень международных договоров (приложение № 1, ч. 1). – 2011. – С. 3–211.

жения об установлении путей движения судов» (далее – Общие положения)¹. В регулярно обновляемом издании ИМО “Ships’ Routeing” кроме Общих положений полностью приводятся схемы путей движения судов всех видов, а также сопутствующие меры, например, принятые ИМО системы судовых сообщений. ГУНиО МО СССР в 1976 году выпустило единственное пособие, аналогичное “Ship’s Routeing”, под номером 9037 с названием «Рекомендации для плавания в районах разделения движения», но не продолжило издание обновлений к данному пособию, вероятно, из-за низкой востребованности и большой трудоемкости.

В «Общих положениях» дается ряд (всего 16) определений элементов системы установленных путей движения судов (Routeing System). Отметим, что понятия «фарватер» в определениях не имеется. Вместе с тем фарватеры в российской практике объявляются как меры по установлению путей движения судов. В мировой практике фарватеры (fairways) вводились до принятия конвенции СОЛАС 1974 года. В издании ИМО “Ships’Routeing”, содержащем более двух тысяч страниц, на 2021 год слово “fairway” встречается 4 раза в описаниях местных правил, не носящих обязательного характера.

Например, схема разделения движения (Traffic separation scheme) определяется как совокупность мер УПДС, установленная с целью разделения встречных потоков судов соответствующими мерами и установлением полос движения.

Отличие этой меры от других состоит в том, что плавание в схемах разделения движения регулируется Международными правилами предупреждения столкновений судов в море 1972 года (МППСС-72)², и они обязательны в силу правила 10 указанных правил. В МППСС-72 используется термин «система разделения движения».

Наиболее часто применяемая в мире рекомендательная мера – это рекомендованный маршрут (Recommended route), определяемый как путь, который устанавливается для удобства судов, следующих транзитом, который часто не имеет определенной ширины. Нередко обозначается осевыми буйями.

Рекомендованный путь (Recommended track) – путь, который специально обследован, чтобы, насколько это возможно, гарантировать, что он свободен от опасностей, и которым рекомендуется следовать судам. Со времен СССР это наиболее часто устанавливаемая в Российской Федерации рекомендательная мера УПДС. В мировой практике чаще применяют рекомендованные маршруты. Это связано в том числе с тем, что рекомендованные пути прокладывались в опасных, а последнее время – в бывших опасных от мин районах, после устранения минной опасности.

Согласно п. 5 ст. 13 Федерального закона «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации»³ морские

¹ Общие положения об установлении путей движения судов // ГУНиО МО СССР. – 1987. – № 9036.

² Сборник действующих договоров, соглашений и конвенций, заключенных СССР с иностранными государствами. Вып. XXXIII. – М., 1979. – С. 435–461.

³ Федеральный закон от 31 июля 1998 г. № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации».

коридоры и схемы разделения движения в территориальном море разрабатываются федеральным органом исполнительной власти по обороне, утверждаются Правительством Российской Федерации и публикуются в «Извещениях мореплавателям». Отметим, что применяемые термины взяты напрямую из Конвенции ООН по морскому праву 1982 года, ст. 22 – «Морские коридоры и схемы разделения движения в территориальном море». Согласно п. 3 указанной статьи, устанавливая морские коридоры и предписывая схемы разделения движения, прибрежное государство принимает во внимание:

- a) рекомендации компетентной международной организации (имеется в виду ИМО);
- b) любые пути, которые обычно используются для международного судоходства;
- c) особые характеристики конкретных судов и путей; и
- d) интенсивность движения судов.

В Конвенции «морские коридоры», в английском тексте “sea lanes”, являются общим родовым понятием, под которым подразумеваются устанавливаемые пути движения судов, как они определяются в Общих положениях по установлению путей движения судов. В упоминавшейся уже терминологии, применяемой при установлении путей движения судов, отсутствуют понятия морских коридоров (sea lanes).

Если изучить распоряжение Правительства РФ от 02.09.2006 № 1226-р (ред. от 29.06.2011) «Об утверждении схем разделения движения в территориальном море Российской Федерации», можно заметить, что схемы разделения движения в разделе «Черное море», утвержденные Правительством Российской Федерации, включают только схемы подходов к порту Новороссийск. Схемы разделения движения на подходах к Керченскому проливу, подходы к Севастополю и от мыса Херсонес до мыса Ай-Тодор правительством не утверждены.

В извещениях мореплавателям (далее – ИМ) эти схемы разделения движения тем не менее объявлены. Схемы разделения движения на подходах к Керченскому проливу – еще во времена СССР – в ИМ ГУНиО МО СССР в 1989 году.

Схемы разделения движения на подходах к Севастополю и от мыса Херсонес до мыса Ай-Тодор – в ИМ УНиО МО Российской Федерации в 2008 г. (5291–5295, 5383, 5449–5459, 6815, 6816, 6912).

При этом в качестве источника были указаны извещения мореплавателям Госгидрографии Украины от 11.04.2008 № 161/08.

В апреле 2009 года Украина представила в ИМО ноту NAV 55/3/7 «Установление новых схем разделения движения судов в Черном море в районе юго-западного побережья Крыма». В ноте указывалось, что схема разделения движения существует с «середины прошлого века»¹ и подается для утверждения с несущественными изменениями, для сдвига в сторону открытого моря на 3–5

¹ Первая в мире схема разделения движения в Дуврском проливе была введена в действие в 1967 году и одобрена ИМО в 1971 году, за год до утверждения МППСС-72.

морских миль в связи с имеющейся в районе военно-морской деятельностью. Как уже отмечалось ранее, в нарушение обычной процедуры схема разделения движения уже была объявлена в извещениях мореплавателям. В обязательном разделе – сотрудничество с другими государствами – было указано, что этот пункт неприменим, так как «схема полностью находится в украинских территориальных водах».

Схемы разделения движения были одобрены ИМО и введены в действие по просьбе Украины с отсрочкой – с 1 января 2011 года. Российская Федерация поддержала введение схем разделения движения, в отзыве УНиО МО РФ было указано, что предлагаемые меры улучшают навигационную обстановку¹.

После принятия Республики Крым в Российскую Федерацию² на ее территории с 21 марта 2014 года действуют законодательные и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, переходный период завершился 1 января 2015 года. Пути движения судов и схемы разделения движения в районе Крыма используются в целях мореплавания достаточно интенсивно, мореплаватель видит их нанесенными на морские навигационные карты, при этом не проверяет их статус. Но законодательство обязывает утвердить эти схемы разделения движения в территориальном море либо отдельным распоряжением Правительства, либо внести поправки в распоряжение Правительства РФ от 02.09.2006 № 1226-р.

Согласно п. 4 ст. 5 Кодекса торгового мореплавания Российской Федерации³ навигационно-гидрографическое обеспечение морских путей, за исключением акватории Северного морского пути и морских путей в акваториях морских портов и на подходах к ним, осуществляется федеральным органом исполнительной власти в области обороны. Таким образом, провести всю подготовительную работу для утверждения схем разделения движения должно было Минобороны России.

Вместе с тем Минтранс России согласно Положению о Министерстве⁴ при реализации обязательств, вытекающих из международных договоров Российской Федерации в области торгового мореплавания, выполняет функции «администрации», в том числе применительно к Конвенции СОЛАС-74, которая регулирует вопросы установления путей движения судов, к которым относятся схемы разделения движения. Упомянутые схемы разделения движения одобрены ИМО, но были поданы на утверждение другим государством. Подобных прецедентов в истории установления путей движения судов нет. Если возникнет необходимость изменения этих схем разделения движения в интересах безопасности мореплавания или по иным причинам, по всей вероятности, придется их изменять на национальном уровне. При этом следует исходить из потребностей обеспечения безопасности мореплавания и положений правила 10 Конвенции СОЛАС-74 – Установление путей движения судов.

¹ Письмо УНиО МО РФ от 29.06.2009 № 708/з/285.

² Федеральный конституционный закон от 21.03.2014 № 6-ФКЗ (ред. от 01.07.2021).

³ Федеральный закон от 30 апреля 1999 г. № 81-ФЗ «Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации».

⁴ Постановление Правительства РФ от 30.07.2004 № 395 (ред. от 29.11.2021) «Об утверждении Положения о Министерстве транспорта Российской Федерации».

7 апреля 2021 года Российская Федерация опубликовала прибрежные навигационные предупреждения, согласно которым «временно, с 21:00 24 апреля по 21:00 31 октября, приостанавливается осуществление права мирного прохода через территориальные море Российской Федерации для иностранных военных кораблей и других государственных судов» в трех районах Черного моря. Далее они были опубликованы на сайте Министерства обороны Российской Федерации в так называемом «номерном бюллетене»¹ (рисунок 1).

К вып. 17/21

УПРАВЛЕНИЕ НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ИЗВЕЩЕНИЯ МОРЕПЛАВАТЕЛЯМ

НАВИГАЦИОННЫЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

(Еженедельный бюллетень)

199034, Санкт-Петербург
11 линия, 8

Телекс: 121531 NAVIO RU
Факс: +7 812 717 59 00
E-mail: unio_navarea@mil.ru

В еженедельном Бюллетене навигационных предупреждений публикуются тексты НАВАРЕА, НАВИП и ПРИП (на регионы России), объявленных за истекшую неделю и перечни номеров действующих НАВАРЕА, НАВИП и ПРИП. Перечни номеров и тексты действующих НАВАРЕА, НАВИП и ПРИП публикуются один раз в квартал в Бюллетенях к выпускам 2, 15, 28 и 41 ИМ УНиО МО.

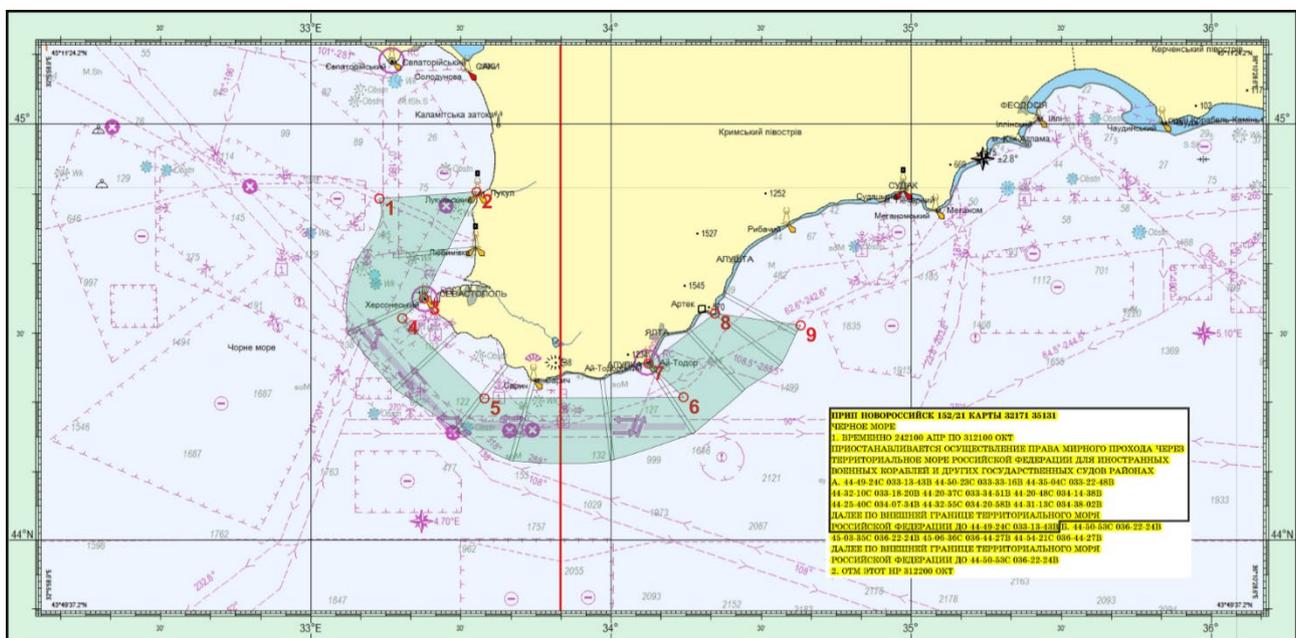


Рисунок 1 – Еженедельный бюллетень навигационных предупреждений

Номерной бюллетень является еженедельным приложением к Извещениям мореплавателям, в данном случае к выпуску 17/21, имеет соответствующий

¹ https://structure.mil.ru/files/morf/military/files/BULL_2117.pdf – постоянно действующая ссылка.

заголовок, так что можно считать, что требования закона о надлежащем опубликовании выполнено. Как минимум все заинтересованные стороны были немедленно оповещены, так как 16 апреля 2021 года Украина обратилась в Международную морскую организацию с письмом, выражающим протест против указанных мер, распространенным секретариатом ИМО циркулярным письмом 1442 от 19 апреля 2021 года.

23 июня 2021 года в районе крымского мыса Фиолент, в зоне схемы разделения движения от мыса Херсонес до мыса Ай-Тодор, произошел международный инцидент с участием эсминца британских ВМС «Дефендер»¹.

Инцидент широко освещался в российской и мировой прессе. «Дефендер» следовал из Одессы в Батуми. По сообщению Минобороны России: «Черноморский флот совместно с авиацией остановил нарушение границы у мыса Фиолент в Черном море. Для этого пришлось сделать предупредительные выстрелы и бомбометание по курсу движения эсминца, который на три километра вошел в территориальное море. После этого он покинул российские воды»².

Прибрежное государство, в данном случае Российская Федерация, имеет право приостановить мирный проход иностранных судов и военных кораблей через свое территориальное море.

Это право закреплено в ст. 12.2 Федерального закона от 31.07.1998 № 155-ФЗ (действ. ред. от 13.07.2020) «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации»:

В интересах обеспечения безопасности Российской Федерации, а также в целях проведения учений с оружием любого вида федеральный орган исполнительной власти по обороне или федеральный орган исполнительной власти по безопасности могут временно приостановить в определенных районах территориального моря осуществление права мирного прохода через территориальное море для иностранных судов, иностранных военных кораблей и других государственных судов. Такое приостановление вступает в силу после заблаговременного объявления об этом в «Извещениях мореплавателям».

Статья федерального закона соответствует Конвенции ООН по морскому праву 1982 года, ст. 25.3:

Прибрежное государство может без дискриминации по форме или по существу между иностранными судами временно приостанавливать в определенных районах своего территориального моря осуществление права мирного прохода иностранных судов, если такое приостановление существенно важно для охраны его безопасности, включая проведение учений с использованием оружия. Такое приостановление вступает в силу только после должного его опубликования.

Опубликованные предупреждения касались в том числе района прохода «Дефендера».

¹ HMS Defender – type 45 – Daring-class air-defence destroyer.

² РИА «Новости». URL: <https://ria.ru/20210623/esminets-1738266075.html>

Вместе с тем при закрытии района следовало бы как минимум предупредить ИМО о приостановлении этого права, в связи с тем что схема разделения движения, как было указано выше, была одобрена ИМО.

Согласно упоминавшейся резолюции ИМО А.572(14) (Общие положения об установлении путей движения судов), п. 3.17: «Такая система, если она принята, не может быть изменена или временно исключена до того, как будет проведена консультация с ИМО и получено ее согласие, за исключением случаев, когда местные условия и крайняя необходимость требуют принятия срочных мер» (A routeing system, when adopted by IMO, shall not be amended or suspended before consultation with and agreement by IMO unless local conditions or the urgency).

В данном случае Минобороны России не вносило изменений и даже не закрывало район и схему разделения движения для обычного судоходства (только для военных и государственных судов), так что и это нарушение если и было сделано, то только в незначительной части.

Таким образом, с точки зрения Российской Федерации «Дефендер» явно не имел права на мирный проход через закрытое для военных кораблей территориальное море России.

Минобороны России иногда и полностью или частично закрывает районы, в которых установлены утвержденные ИМО пути движения судов без консультаций с ИМО, и такую практику следовало бы прекратить. Вероятно, в Минобороны России отсутствует регламент или процедура проверки планируемых к закрытию районов на наличие принятых ИМО путей движения судов.

Так, например, Норвегия была вынуждена временно, с 6 по 9 ноября 2018 года, на национальном уровне приостановить действие одобренной ИМО схемы разделения движения судов у маяка Слеттнес, а также двух прилегающих, одобренных ИМО, рекомендованных маршрутов после объявления прибрежного предупреждения (ПРИП МУРМАНСК) 324/18, так как эти меры установления путей движения судов попадали в район, объявленный опасным для плавания в связи с проведением ракетных и артиллерийских стрельб:

ПРИП МУРМАНСК 324/18 КАРТА 10100

БАРЕНЦЕВО МОРЕ

1. СТРЕЛЬБЫ РАКЕТНЫЕ И АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ 06 ПО 09 НОЯБ 0500 ДО 1900 РАЙОНЕ ОПАСНОМ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ 71-35.ОС 029-02.ОВ 71-35.ОС 030-14.ОВ 71-15.ОС 030-14.ОВ 71-15.ОС 029-02.ОВ
2. ОТМ ЭТОТ НР 092000 НОЯБ

Как ни удивительно, официальные лица Великобритании используют довольно странную модель поведения, согласно которой Великобритания не знает, что происходило и происходит в Крыму с 2014 года. «Дефендер», по их заявлению, шел из Украины в Грузию через схему разделения движения в территориальном море Украины. Даже в таком случае, встретив в территориальном море Украины российские военно-морские и военно-космические силы Российской Федерации, выдвигающие незаконные с точки зрения Великобритании требования, «Дефендер» должен немедленно покинуть территориальное море

Украины, поскольку проход перестает быть мирным. При мирном проходе, согласно Конвенции ООН по морскому праву, ст. 19.2, не допускаются «любые маневры или учения с оружием любого вида / any exercise or practice with weapons of any kind».

Известно, что Великобритания не признает Крым и воды вокруг Крыма российскими. Но для Великобритании не являлось секретом не только то, что Россия закрыла территориальное море, которое считает российским, для прохода военных кораблей согласно своей трактовке статуса вод, но и то, что Украина обратилась в ИМО с протестом по этому поводу, поскольку Великобритания его поддержала. Возникает вопрос: может ли Великобритания планировать мирный проход через территориальное море Украины в данном случае? Явно нет. Поскольку заведомо известно, что проход мирным являться не будет. Великобритания может осуществлять содействие и поддержку Украине в рамках своей трактовки международного права, возвращения Крыма через поддержку в международных судебных органах, но не может устраивать в водах, которые она считает украинскими, никаких силовых действий, в том числе и согласно ст. 279 Конвенции ООН по морскому праву 1982 г.:

Государства-участники урегулируют любой спор между собой, касающийся толкования или применения настоящей Конвенции, мирными средствами в соответствии с пунктом 3 статьи 2 Устава Организации Объединенных Наций и с этой целью стремятся к урегулированию средствами, указанными в пункте 1 статьи 33 Устава.

В заключение хотелось бы выразить надежду, что в дальнейшем Министерство обороны Российской Федерации во взаимодействии с Минтрансом России будет обращать внимание на обязательство Российской Федерации в рамках международных договоров при объявлении закрытых для плавания районов, возможно, разработает соответствующую процедуру или регламент. Также хотелось бы надеяться, что все стороны Конвенции ООН по морскому праву 1982 г., а также государства, признающие ее положения в качестве сложившихся международно-правовых обычаев, при планировании мирных проходов будут полностью соблюдать указанную Конвенцию.

УДК 341.242

О СТАТУСЕ КОНВЕНЦИИ О МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПО МОРСКИМ СРЕДСТВАМ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В. Я. Васильев, канд. техн. наук, магистр права, заместитель генерального директора по научной работе, по безопасности мореплавания и морскому праву

Рассмотрен ход преобразования Международной ассоциации морских средств навигационного оборудования и маячных служб (МАМС) в межправительственную международную организацию (МПО) путем принятия международной конвенции.

Ключевые слова: МАМС, IALA.

В настоящее время Международная ассоциация морских средств навигационного оборудования и маячных служб (МАМС, IALA) – неправительственная некоммерческая техническая ассоциация, учрежденная в 1957 году для развития сотрудничества между маячными службами различных стран, обмена информацией, оказания им технической и организационной помощи. Членами МАМС являются около 100 национальных служб и других организаций, занимающихся навигационными устройствами, из 85 стран (в том числе и Российской Федерации). МАМС предусматривает три вида членства: национальный, ассоциированный, индустриальный. Высший орган – Генеральная конференция представителей маячных служб – созывается раз в 5 лет.

На XII Генеральной Ассамблее, проходившей в Ла-Корунье с 25 по 31 мая 2014 года, Международная ассоциация морских средств навигационного оборудования и маячных служб приняла резолюцию, согласно которой статус международной организации позволит ей более эффективно достичь своих целей, при этом такой статус следует приобрести в возможно короткие сроки путем принятия международной конвенции.

Первая подготовительная сессия дипломатической конференции по преобразованию Международной ассоциации морских средств навигационного оборудования и маячных служб (МАМС) в межправительственную международную организацию (МПО) состоялась в Париже 18–19 апреля 2017 года.

Цель мероприятия состояла в том, чтобы пригласить соответствующих представителей всех стран, имеющих национальное представительство в МАМС, для информирования их о предлагаемом новом статусе МПО и о том, как он укрепит существующее сотрудничество МАМС с ее партнерскими международными организациями и значительно усилит международное признание

деятельности МАМС, а также будет способствовать внедрению всеобщих стандартов, необходимых для улучшения и гармонизации навигационной техники и средств навигационного оборудования в мире. Также участникам предоставили возможность заранее ознакомиться с проектом текста новой конвенции об организации, общими правилами новой МПО и соответствующими правоустанавливающими и организационными актами.

Заключительная подготовительная сессия дипломатической конференции состоялась в Стамбуле с 12 по 14 марта 2019 года.

Конвенция была принята на Дипломатической конференции в Куала-Лумпур, проходившей с 25 по 28 февраля 2020 года, перед наступлением пандемии.

Конвенция была открыта для подписания любым государством, являющимся членом Организации Объединенных Наций, в Париже 27 января 2021 года и должна была оставаться открытой для подписания до 26 января 2022 года.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 24.12.2020 № 3538-р «О подписании Конвенции о Международной организации по морским средствам навигационного оборудования» был одобрен представленный Минобороны России, согласованный с МИДом России, Минтрансом России и Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» проект Конвенции Международной организации по морским средствам навигационного оборудования. Минобороны России было поручено подписать от имени Российской Федерации указанную Конвенцию, разрешив вносить в прилагаемый проект изменения, не имеющие принципиального характера.

21 апреля 2021 года правительство Франции направило дипломатическую ноту 190 послам по всему миру с приглашением подписать Конвенцию.

Согласно принятому тексту Конвенция вступает в силу на девяностый день после даты сдачи на хранение тридцатого документа о ратификации, принятии или присоединении.

Вместе с тем в первой половине января 2022 года, очевидно, в связи с пандемией Конвенцию подписали только 22 государства.

По приглашению правительства Франции 26 января была организована процедура подписания, на которую были приглашены все не подписавшие Конвенцию государства – члены ООН. Конвенция была подписана еще 24 государствами.

Для России было сделано исключение, и Главнокомандующий Военно-Морским Флотом адмирал Николай Евменов от имени Российской Федерации подписал Конвенцию в резиденции чрезвычайного и полномочного Посла Французской Республики в Российской Федерации Пьера Леви в его присутствии 20 января 2022 года. При этом ряд средств массовой информации, в том числе и отраслевых, ошибочно сообщили, что Россия присоединилась к Конвенции о Международной организации по морским средствам навигационного оборудования, хотя процедура ратификации еще не произошла, состоялось только подписание.

В настоящий момент Конвенцию ратифицировали 5 государств. Со стату-
сом Конвенции можно ознакомиться на сайте МАМС¹.

Весьма важно, что в Конвенции дается определение морским средствам
навигационного оборудования, ст. 2: «Морское средство навигационного обо-
рудования означает устройство, систему или службу, внешнее относительно
судна, сконструированное и используемое для повышения безопасности и эф-
фективности плавания отдельных судов и морского судоходства в целом».

Также указывается, что для целей Международной организации по мор-
ским средствам навигационного оборудования это определение включает в себя
службы управления движением судов.

¹ Международная ассоциация морских средств навигационного оборудования и маячных служб [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iala-aism.org/the-igo-project/>

УДК 656.6

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЛЕДОКОЛЬНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ НА ТРАССАХ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ ДО 2030 ГОДА

А. С. Буянов, канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по развитию, экономике и экологии морского транспорта

В статье освещается тема развития круглогодичной транспортной системы в акватории арктических морей. Выполнен анализ наличия, состояния и планов развития ледокольного флота Российской Федерации как одного из важнейших элементов транспортной инфраструктуры Северного морского пути (далее – СМП). Проведена оценка потребности в ледокольном обеспечении транспортных перевозок по СМП и планируемой интенсивности судоходства на период до 2030 года. Автором предложены методы по совершенствованию системы ледокольного обеспечения СМП.

Ключевые слова: морской транспорт, концепция, Арктика, ледокол, ледокольное обеспечение, потребность, арктическое судно, имитационное моделирование.

Российская Федерация неоднократно озвучивала планы создания круглогодичной транспортной системы в акватории арктических морей. В советское время плавание по Северному морскому пути представляло собой жизненную необходимость, прежде всего для осуществления северного завоза в населенные пункты Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока критически важных грузов и товаров (продовольствия, топлива, строительных и др.) до наступления зимнего сезона. Эта необходимость существовала и существует по сегодняшний день по причине отсутствия иных способов доставки, неразвитости инфраструктуры прибрежных арктических территорий и/или сезонных (зимних) трудностей при транспортировке грузов. Поддержка устойчивого функционирования СМП предусмотрена «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» [1].

Происходящее, по оценкам некоторых специалистов, глобальное потепление вызвало очередную волну интереса к судоходству в высоких широтах и открыло возможности регулярного использования короткого пути в Азию и Европу. Кроме того, таяние льда в летний период стимулировало исследование ресурсов арктического шельфа. В результате разведки установлено, в частности, что ресурсы углеводородов только в российской Арктике составляют порядка 7,3 млрд тонн нефти, 2,7 млрд тонн конденсата и 55 трлн куб. м газа [2].

Под Арктикой, в географическом толковании, принято понимать Северный Ледовитый океан с его морями, архипелагами и островами, а также при-

брежные территории восьми государств, имеющих прямое отношение к арктической зоне – Дании (Гренландии), Исландии, Канады, Норвегии, России, Финляндии, Швеции и США. С юга географический регион Арктики ограничен Северным полярным кругом (66°33' с. ш.), однако значение этой границы более чем условно: все приарктические государства, включая Российскую Федерацию, рассматривают эту границу исходя из климатических, исторических или административных принципов либо в виде комбинации нескольких признаков. Площадь Арктики, ограниченной Северным полярным кругом, составляет порядка 21 млн кв. км.

Развитие круглогодичного судоходства по трассам СМП невозможно без совершенствования транспортной инфраструктуры.

Под транспортной инфраструктурой СМП понимается комплекс взаимосвязанных структур или объектов, составляющих и обеспечивающих основу функционирования транспортной системы.

Укрупненно транспортная инфраструктура СМП, помимо коммерческого транспортного флота, включает следующие элементы:

- ледокольное обеспечение;
- систему аварийно-спасательного обеспечения и ликвидации разливов нефти;
- навигационно-гидрографическое обеспечение;
- гидрометеорологическое обеспечение;
- систему комплексного обслуживания флота.

Для обеспечения безопасной эксплуатации судов на СМП требуется безотказная и согласованная работа всех элементов инфраструктуры, при этом их количественный и качественный состав должен в полном объеме удовлетворять потребностям судоходства в Арктическом регионе.

Наиболее критичным элементом инфраструктуры СМП является ледокольный флот. Для того чтобы оценить достаточный для круглогодичной навигации объем ледокольного обеспечения, необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ наличия, состояния и планов развития ледокольного флота;
- оценить планируемую интенсивность судоходства на акватории СМП в период до 2030 года;
- оценить потребность в ледокольном обеспечении транспортных перевозок в акватории СМП;
- обосновать предложения по совершенствованию системы ледокольного обеспечения СМП.

Наличие и прогноз развития ледокольного флота

Россия располагает наиболее крупным по численности ледокольным флотом среди всех стран мира. В ведении государства находится 40 ледоколов, различающихся назначением, ледовым классом, мощностью и эксплуатационными возможностями.

По характеру решаемых задач ледоколы делятся на четыре типа: линейные, вспомогательные, портовые и речные. Осуществлять круглогодичную эксплуатационную деятельность в акватории СМП способны только линейные атомные ледоколы. Ледоколы с энергетическими установками, работающими на органическом топливе, могут использоваться только в относительно легких ледовых условиях (преимущественно в период летне-осенней навигации).

Атомный ледокольный флот является гарантом безопасного судоходства в акватории арктических морей. В настоящее время российский ледокольный флот насчитывает 6 атомоходов: «Арктика», «Сибирь» (проект 22220), «Ямал», «50 лет Победы», «Таймыр» и «Вайгач».

Атомные ледоколы «Арктика», «Сибирь», «Ямал» и «50 лет Победы» ориентированы на круглогодичную проводку судов по всей акватории СМП. Основными районами эксплуатации атомоходов с ограниченной осадкой «Таймыр» и «Вайгач» являются мелководные участки морских арктических трасс и устья сибирских рек.

Ледоколы «Таймыр» и «Вайгач» в 2004 и 2005 годах достигли наработки основного оборудования в 100 тыс. ч, спустя семь лет был преодолен рубеж в 150 тыс. ч. В настоящее время завершается период продления в 175 тыс. ч, и прорабатываются варианты увеличения ресурса до 200 или 260 тыс. ч. Необходимость таких мероприятий обусловлена стремлением ФГУП «Атомфлот» сохранить на существующем уровне численность ледокольного флота до окончания строительства четырех серийных атомоходов проекта 22220 мощностью 60 МВт.

По мнению ФГУП «Атомфлот», вывод из состава активно действующих ледоколов необходимо осуществлять таким образом, чтобы на смену существующему ледоколу приходил новый атомоход, или осуществлять продление ресурсов существующих ледоколов.

Для ледокола «Ямал» также рассматривается возможность продления ресурса атомной паропроизводящей установки до 200 тыс. ч, что позволит эксплуатировать ледокол до 2029 года. Ледокол «50 лет Победы» может работать за пределами 2035 года.

Для замены списываемых ледоколов в настоящее время на Балтийском заводе в Санкт-Петербурге идет строительство трех серийных универсальных атомных ледоколов проекта 22220 типа ЛК-60 («Урал», «Якутия» и «Чукотка») со сдачей в эксплуатацию в 2021–2026 годах. Головной ледокол «Арктика» и первый серийный «Сибирь» уже находятся в эксплуатации. Еще два ледокола типа «Арктика» планируется дополнительно заложить в 2022 году. Таким образом, общее количество ледоколов проекта 22220 составит 7 единиц.

Для освоения перспективных объемов вывоза углеводородного сырья на восток и с целью обеспечения круглогодичной навигации в этом регионе Арктики на период после 2030 года требуется строительство серии ледоколов типа «Лидер».

Ледокол «Лидер» по техническим и эксплуатационным характеристикам существенно отличается от ледоколов типа «Арктика», что должно дать ему возможность преодолевать с минимальной устойчивой скоростью лед толщи-

ной более 4 м. Как показали модельные эксперименты, ледокол способен развивать скорость около 11 узлов во льду толщиной 2 м.

Основным районом эксплуатации «Лидера» должен стать восточный сектор Арктики, наиболее сложный для судоходства. За счет высокой ледопроницаемости и автономности ледокол способен решить проблему круглогодичного судоходства на всем протяжении СМП. Контракт на строительство головного атомного ледокола-лидера проекта 10510 между ФГУП «Атомфлот» и ССК «Звезда» был подписан 23 апреля 2020 года. В июле 2020 года начато строительство ледокола на судостроительном заводе «Звезда» на Дальнем Востоке. Ориентировочный ввод в эксплуатацию – 2028 год. Решение о строительстве второго и третьего ледоколов должно быть принято в 2022 году после предоставления дополнительных обоснований.

Альтернативой ледоколу «Лидер» может стать продолжение строительства серии ледоколов проекта 22220 с возможной корректировкой проекта по результатам опытной эксплуатации в течение нескольких навигаций.

Оценка интенсивности судоходства на трассах СМП

Для оценки потребности в ледокольном обеспечении транспортного флота на трассах СМП необходимо проанализировать проекты, образующие основную грузовую базу СМП, и выполнить расчет интенсивности судопотока по каждому типу судна и районам эксплуатации.

Схема основных арктических проектов, реализация которых в той или иной мере подтверждена, представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема арктических проектов, образующих грузовую базу СМП

Весь прогнозный грузопоток можно разделить по следующим признакам:

- по типу перевозок (завоз грузов, вывоз грузов, транзит);
- по направлению перевозок в акватории СМП (западное, восточное);
- по типу навигации (круглогодичная, сезонная).

Указанные признаки в большей степени влияют на расстановку ледокольного флота на трассах СМП и определяют его потребность.

В таблице 1 приведены прогнозные объемы перевозок грузов в акватории СМП за период 2024–2030 годов. Под терминами «на запад» и «на восток» понимается вывоз сырья и грузов из портов и терминалов Арктики в западном и восточном направлениях – как до российских портов и перевалочных комплексов, так и в зарубежные порты.

Таблица 1 – Прогнозный объем перевозок грузов в акватории СМП за период 2024–2030 гг.

Направление перевозок	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Вывоз «на запад»	76,1	92,2	97,9	103,2	108,8	115,7	88,5
Вывоз «на восток»	0,0	0,0	0,8	1,5	1,8	2,0	37,1
Транзит	7,4	8,0	8,5	9,0	9,6	10,1	10,1
Завоз грузов	4,1	4,9	4,7	3,8	3,6	3,3	2,8
ИТОГО	87,7	105,0	111,8	117,5	123,7	131,1	138,4

Аналитические материалы АО «ЦНИИМФ» [3]

В период до 2030 года основу грузопотока будет составлять вывоз энергетического сырья преимущественно в западном направлении, в том числе на перевалочные терминалы в районе порта Мурманск. Начиная с 2030 года, с введением в строй всех ледоколов новой постройки, планируется начало интенсивных перевозок в восточном направлении. Произойдет перераспределение грузопотока (30 % на восток), а его общий объем в акватории СМП достигнет 138,4 млн тонн [3].

Целесообразно для выполнения предварительных оценок потребности в ледокольном обеспечении взять три базовые «точки» – 2024, 2028 и 2030 годы.

Следующим этапом подготовки данных для оценки интенсивности судоходства и потребности в ледокольном обеспечении является определение расчетных типов транспортных судов, их технических и эксплуатационных параметров.

В качестве расчетных судов принимаются все действующие типы арктических судов (рисунок 2), а также перспективные типы судов в рамках уже запланированных проектов:

- газовоз вместимостью 172 тыс. куб. м ледового класса Arc7 для проекта «Арктик СПГ 2»;
- танкер дедвейтом 120 тыс. тонн ледового класса Arc7 для проекта «Восток Ойл»;
- сухогрузное судно дедвейтом 40 тыс. тонн ледового класса Arc7 для проекта «ГДК Баимская»;
- контейнеровоз вместимостью 6000 TEU ледового класса Arc8 для проекта «Северный морской транзитный коридор».



Рисунок 2 – Действующие типы арктических судов, работающие в акватории СМП

Для анализа функционирования сложных транспортных систем необходимо располагать их численными показателями работы. Для этого используются модели, описывающие математические зависимости характеристик системы от условий функционирования и параметров объектов, входящих в их состав.

Наиболее часто используются вероятностные и детерминированные модели. В моделях первого типа для учета стохастических факторов используются законы распределения случайных величин, в моделях второго типа – средние значения основных величин и соответствующие коэффициенты.

Работа арктической транспортной системы характеризуется следующим набором специфичных факторов:

- неоднородность и неустойчивость потока судов;
- различный уровень эксплуатационных возможностей судов и ледоколов;
- многообразие природных, ледовых и гидрометеорологических условий;
- стохастический характер взаимодействия транспортных судов и ледоколов.

Для оценки прогнозного объема и интенсивности судоходства на трассах СМП в период до 2030 года возможно использование детерминированной математической модели, в основу которой заложены эксплуатационные параметры транспортных судов и ледоколов, навигационные и ледовые условия плавания, прогнозные объемы перевозок грузов на различных направлениях.

Достоверность детерминированной модели и приближенность результатов к реальным условиям эксплуатации во многом зависят от дискретности заложенных условий и выполняемых расчетов. В случае работы арктической морской транспортной системы наибольшее значение для точности расчетов имеют такие параметры, как:

- дискретность расчетного периода (периоды навигации, месяц, неделя, сутки);
- количество участков маршрута с однородными условиями плавания для каждого расчетного периода;
- эксплуатационные параметры судов для различных условий работы.

Арктические моря имеют различные ледовые условия плавания в зависимости от времени года и географического положения. Чем детальнее представлена исходная информация, тем меньше погрешностей возникает при осреднении данных в аналитических моделях. Оптимальным расчетным периодом для детерминированной модели является «месяц», в течение которого ледовые условия на трассах СМП остаются в той и иной степени однообразными. На рисунке 3 в графическом виде приведен пример динамики изменения ледового покрова арктических морей с января по апрель.

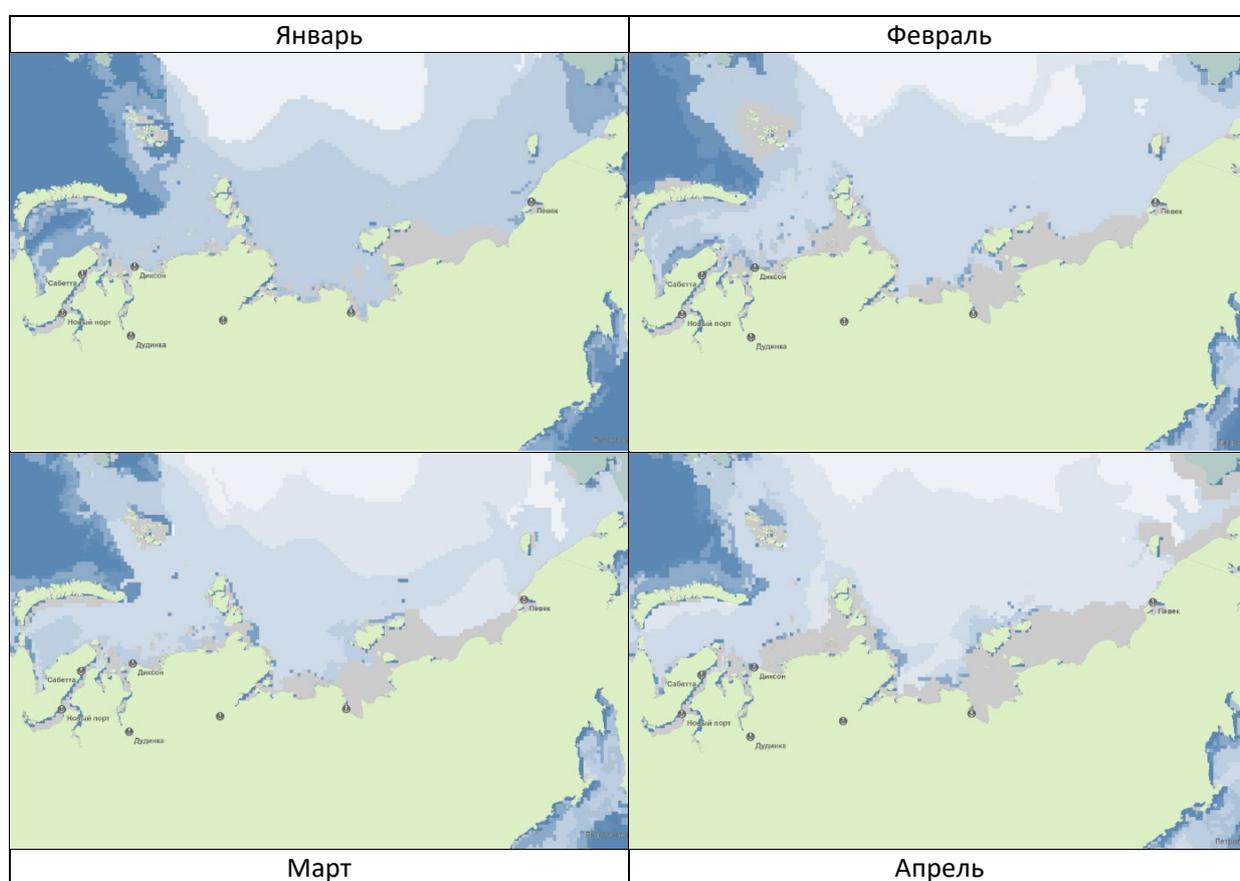


Рисунок 3 – Динамика изменения ледового покрова арктических морей

Более сложным вопросом является определение протяженности районов с однородными ледовыми условиями. Решение этой проблемы важно не только для определения корректных скоростей движения судов на всех участках трасс СМП, но и более глобальной задачи – оптимальной расстановки ограниченного количества ледокольного флота.

При наличии полноценной ретроспективной базы данных ледовых условий в арктических морях решение задачи районирования может быть выполнено с использованием методов кластерного анализа, который позволяет разбить множества объектов (данных) так, чтобы похожие объекты попали в одно и то же подмножество, при этом объекты из разных подмножеств существенно раз-

личались. Определяя критерии кластеризации данных, можно получать однородные выборки разного размера в зависимости от поставленных задач.

Определение наиболее сложных ледовых участков на всем протяжении СМП является первым этапом работ при выборе варианта ледокольного обеспечения по принципу «дежурства» ледоколов на определенных участках. Такой вариант оказания ледокольных услуг может быть использован при увеличении интенсивности арктического судоходства и невозможности предоставления каждому транспортному судну «собственного» ледокола.

Задача определения эксплуатационных параметров судов для различных условий и периодов работы в Арктике в конечном итоге сводится к оценке ледовой ходкости и ледовой прочности транспортного и ледокольного флота.

Начиная с 60-х годов XX века было разработано значительное количество аналитических методов оценки ледовой ходкости судов в сплошном льду [4–8]. Основная часть методов построена на эмпирических формулах, представляющих собой зависимости и набор коэффициентов, полученных путем обработки результатов натурных испытаний судов в ледовых условиях. Основным недостатком такого метода является малый объем натурных данных, а также возможность оценки ледовой ходкости только судна, параметры которого находятся в пределах изменения характеристик судов, включенных в регрессионный анализ при определении коэффициентов эмпирических формул [4]. Использование указанных зависимостей для оценки современных крупнотоннажных судов возможно путем введения дополнительных поправочных коэффициентов, учитывающих особенности эксплуатации современных судов ледового плавания.

Вторая группа методов базируется на изучении взаимодействия корпуса судна со льдом. Физическая модель взаимодействия предполагает разделение ледового сопротивления на составляющие и учитывает не только главные размеры судов, но и форму корпуса, физико-механические характеристики льда.

Выбор того или иного метода зависит как от типа задачи (абсолютная или сравнительная оценка), так и от уровня управленческого решения поставленной задачи (стратегический, тактический, оперативный).

В рамках данного исследования, направленного на определение стратегии развития ледокольного и транспортного флотов, были использованы несколько эмпирических методов оценки ледовой ходкости судов с учетом особенностей современных крупнотоннажных арктических судов «двойного» действия.

Для выбранных текущих и перспективных грузопотоков осуществлялось математическое моделирование работы судов с расчетом следующих эксплуатационных показателей их работы: продолжительность и количество круговых рейсов, эксплуатационные периоды работы судна, провозная способность, интенсивность отправления судов.

Данные показатели представлены в форме математических моделей – совокупности уравнений, описывающих функциональные зависимости между исследуемыми величинами.

В результате математических расчетов [3] для каждого из действующих и перспективных направлений перевозок грузов были получены оценки скорости самостоятельного движения судов и караванов судов, эксплуатационные показатели бюджета времени, потребность в транспортных судах на трассах СМП и интенсивности судоходства на отдельных участках СМП. Следует отметить, что в целях данного исследования рассматривается зимне-весенняя навигация на СМП.

Выполненные исследования показали, что к 2030 году на трассах СМП будет работать порядка 150 судов ледового класса, из них около 60 судов будут осуществлять перевозки в восточном направлении.

Наибольшая интенсивность судоходства будет наблюдаться в Карском море, где в зимний период может эксплуатироваться одновременно до 9 судов в сутки к 2024 году. К 2030 году интенсивность судоходства может увеличиться до 12 судов в сутки в зимний период.

Если в западной части Карского моря суда ледовых классов Arc7 и Arc8 даже в период зимне-весенней ледовой навигации могут осуществлять самостоятельное плавание, то в таких районах с высоким уровнем судоходства, как Обская губа и Енисейский залив, потребуется обязательное ледокольное обеспечение. В Обской губе интенсивность судоходства транспортных судов с ледовым классом составит до 6–7 судов в сутки, а в Енисейском заливе данный показатель достигнет 3–5 судов в сутки в зимний период.

При освоении восточного направления транспортировки грузов с арктических месторождений к 2030 году заметно увеличивается количество транспортных судов, проходящих через пролив Вилькицкого и восточные моря СМП. Интенсивность судоходства на данных участках СМП может достигнуть 3 судов в сутки в зимний период.

На первый взгляд цифры на уровне 3–4 судов в сутки не выглядят такими значительными, но с учетом расстояния и длительности ледокольной проводки, наличия ледокольного флота эти цифры могут привести к существенным простоям транспортного флота, а значит, и финансовым потерям грузоотправителей и судовладельцев.

Оценка потребности в ледокольном обеспечении транспортных перевозок в акватории СМП

Для целей настоящего исследования к реализации предложен алгоритм определения потребности в ледоколах с использованием вариантных расчетных методов. Принятый алгоритм позволяет учесть технические особенности и эксплуатационные возможности транспортных судов и ледоколов на расчетных направлениях арктических перевозок в период зимне-весенней навигации [9].

Определение необходимого числа ледоколов для обеспечения заданной интенсивности движения судов выполняется с соблюдением требования к устойчивости функционирования системы ледокольного обслуживания исходя из соответствия между интенсивностью потока транспортных судов и интенсивностью движения судов и караванов по ледовому маршруту. При этом делается предположение о том, что интенсивность потока судов и интервал их под-

хода не зависят от времени, оставаясь постоянными в течение рассматриваемого периода.

Необходимость ледокольного сопровождения и продолжительность ледокольной кампании зависят от ледовых качеств расчетных судов: чем выше ледовый класс и ледопроездимость, тем короче период, когда они нуждаются в помощи ледокола. Оценка ориентировочных сроков начала и завершения этого периода на исследуемых направлениях выполняется с использованием результатов моделирования движения каждого судна по двум эксплуатационным сценариям – автономно и под проводкой ледокола.

Общее число ледоколов N_n , необходимое для обслуживания расчетного потока судов, определяется как сумма соответствующих значений $N_{n,i}$, рассчитанных по отдельным участкам маршрута:

$$N_n = \sum_{i=1}^k N_{n,i} . \quad (1)$$

Число расчетных участков маршрута зависит от детализации исходной информации по условиям плавания с вычленением участков, на которых ледовые условия могут считаться сопоставимыми (с определенным уровнем допущения).

Индекс n указывает на то, что расчет выполняется для фиксированного числа судов в караване ($n = 1; n = 2$), поэтому суммирование по этому показателю не производится.

Условие сохранения баланса между интенсивностью потока судов в зоне обслуживания ледокола и числом проведенных судов по ледовому участку i обеспечивается неравенством:

$$Q_{n,i} N_{n,i} \geq \sum_{j=1}^m q_{i,j} , \quad (2)$$

где $Q_{n,i}$ – число проведенных судов;

$q_{i,j}$ – интенсивность потока судов j -типа на i -участке.

Число проведенных судов $Q_{n,i}$ в течение расчетного периода T определяется числом судов в караване n и продолжительностью ледокольной проводки $t_{n,i}$, которая, в свою очередь, зависит от протяженности ледового участка l_i и средней скорости каравана $V_{n,i}$:

$$Q_{n,i} = \frac{T n}{t_{n,i}} ; \quad (3)$$

$$t_{n,i} = \frac{l_i}{V_{n,i}} . \quad (4)$$

Скорость каравана определяется посредством осреднения соответствующих скоростей по всем типам судов пропорционально частоте их включения в караваны:

$$V_{n,i} = \frac{\sum_{j=1}^m V_{n,i,j} q_{i,j}}{\sum_{j=1}^m q_{i,j}}. \quad (5)$$

Последующее суммирование по участкам позволяет получить формулу для определения числа ледоколов, способных обеспечить бесперебойное функционирование системы ледокольного обслуживания в целом:

$$N_n = \sum_{i=1}^k \frac{2 l_i \sum_{j=1}^m q_{i,j}}{T n \sum_{j=1}^m V_{n,i,j} q_{i,j}}. \quad (6)$$

Изложенный подход позволяет определить степень обеспеченности ледокольного обслуживания по каждому из расчетных вариантов.

Реализацией третьего сценария плавания судов является комбинация двух уже упомянутых сценариев. В качестве критерия перехода от самостоятельного плавания к плаванию под проводкой используется скорость транспортного судна V_{\min} , которая не должна быть менее предельного уровня. При движении с меньшей скоростью нарушается график движения судов, а функционирование транспортной системы становится неустойчивым. Расчет минимальной скорости выполняется по формуле:

$$V_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m q_{i,j} l_i}{T \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m q_{i,j}}. \quad (7)$$

Используя указанные подходы и полученные ранее прогнозные значения интенсивности судоходства, в данном исследовании была выполнена оценка потребности в ледокольном обеспечении на трассах СМП в восточном направлении на период до 2030 года. В качестве базовых параметров и ограничений в расчетную модель заложены следующие положения:

- объем перевозок в восточном секторе Арктики в 2030 году составит около 47 млн тонн (вывоз сырья и транзит), интенсивность работы транспортного флота в обоих направлениях составит 2,7–3 судна в сутки в зависимости от участка;
- моделирование работы флота осуществляется на трассах СМП от острова Диксон до Берингова пролива, маршрут разбит на 5 участков, на каждом из которых в тот или иной период времени может быть необходима ледокольная проводка (рисунок 4);

- толщина льда на расчетных участках в зависимости от периода варьируется от 30 до 200 см (однолетние тонкие, средние и тяжелые льды);
- ледокольная проводка осуществляется одним ледоколом типа «Арктика» (пр. 22220) методом лидирования, количество судов в караване варьируется от 1 до 3 единиц;
- время формирования каравана (ожидания судов) составляет 6 часов, время рейса с ледокольной проводкой при наличии 2 судов в караване увеличивается на 10 %, при наличии 3 судов – на 30 % (возврат ледокола для освобождения судов при ледовом сжатии).

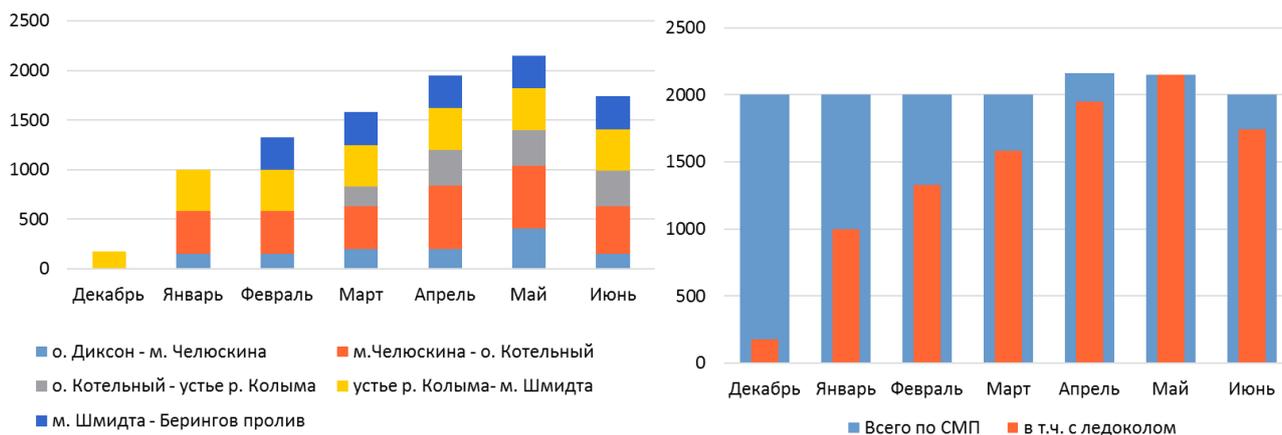


Рисунок 4 – Расстояния ледокольной проводки по участкам маршрута судов в Восточном секторе Арктики (миль)

Выполненные детерминированные расчеты показали, что при заданном объеме судопотока, а это преимущественно суда ледового класса Arc7, потребуется 11–13 ледоколов типа «Арктика» при условии проводки 2–3 судов в караване. При индивидуальной проводке каждого судна на каждом участке потребуется до 23 ледоколов (рисунок 5).

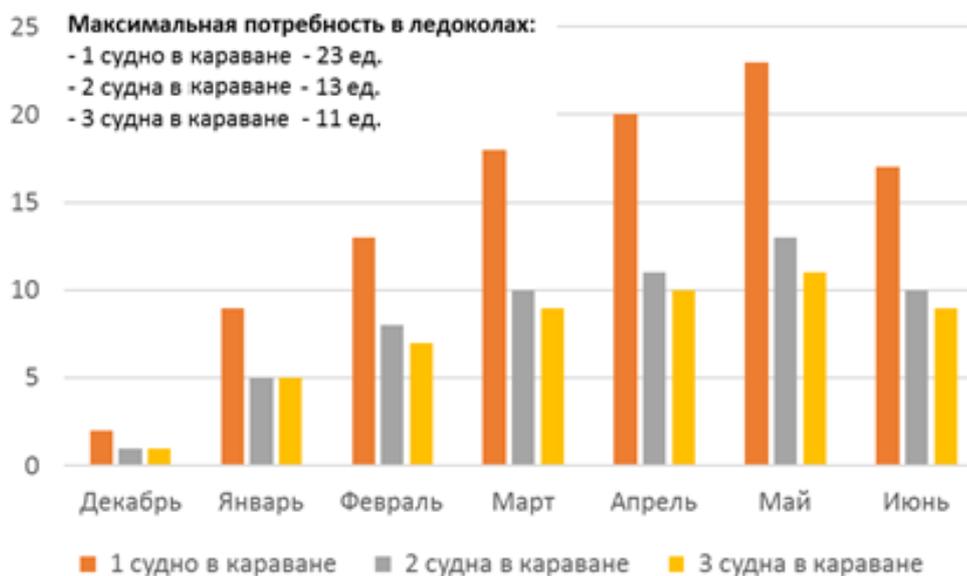


Рисунок 5 – Оценка потребности в ледокольном обеспечении транспортных судов в Восточном секторе Арктики в 2030 году

Следует отметить, что при высокой интенсивности судоходства «чистая математика» не способна с приемлемым уровнем достоверности ответить, сколько же необходимо ледоколов и как их использовать. Полученные значения потребности могут выступать лишь оценочным индикатором.

Учитывая, что «логика» согласованной работы транспортного и ледокольного флота достаточно сложна, не говоря уже об учете различных ледовых условий на всем СМП, для решения поставленной задачи необходимо использовать методы имитационного моделирования. В настоящее время АО «ЦНИИМФ» в инициативном порядке занимается разработкой комплексной имитационной модели работы флота на СМП.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента Российской Федерации от 05.03.2020 № 164 «Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года».
2. Минприроды оценили нефтяные запасы Арктики в 7,3 млрд тонн [Электронный ресурс] // Журнал «Нефть и Капитал»: [сайт]. – URL: <https://oilcapital.ru/news/markets/13-11-2019/v-minprirody-otsenili-neftyanye-zapasy-arktiki-v-7-3-mlrd-tonn> (дата обращения: 01.04.2022).
3. Буянов А. С. Оценка потребности в транспортных судах ледового плавания для обеспечения грузопотока в акватории Северного морского пути до 2030 г. Часть I, II // Логистика. – 2021. – № 9, 10.
4. Ионов Б. П., Грамузов Е. М. Ледовая ходкость судов. – СПб.: Судостроение, 2001.
5. Lindqvist G. A straightforward method for calculation of ice resistance of ships // Proc. of ROAC, 1989. – P. 35. – 722 p.
6. Сазонов К. Е. Ледовая ходкость крупнотоннажных судов / К. Е. Сазонов, А. А. Добродеев. – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2017. – 122 с. – ISBN 9785903002764.
7. Сазонов К. Е. Развитие ледовой ходкости судов в XXI веке // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2018. – № 2(384). – С. 9–28.
8. Цой Л. Г. К вопросу о критерии ледовой ходкости судов // Морской флот. – 2019. – № 2(1542).
9. Анализ перспективных грузопотоков на трассах Северного морского пути. Проведение технико-экономического анализа использования различных судовых энергоустановок и типов судов для выбранных вариантов перевозок: Отчет о НИР (заключ.): 250-256 / АО «ЦНИИМФ»; рук. Буянов А. С. – СПб., 2018. – 314 с. – Инв. № 8613 (НТБ АО «ЦНИИМФ»).

УДК 656.6; 629.5.018.72

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ БУКСИРОВКИ СУДНА ВПЛОТНУЮ ЗА ЛЕДОКОЛОМ

А. А. Петров, канд. техн. наук, заведующий отделом конструктивной надежности и модернизации судов

М. С. Шилкина, инженер 1-й категории отдела конструктивной надежности и модернизации судов

Одним из методов ледокольной проводки судов по Северному морскому пути (далее – СМП) является буксировка вплотную за ледоколом – «на усах». Во время проведения этой морской операции возможно повреждение носовой оконечности буксируемого судна, поскольку большинство судов, привлекаемых на СМП из других регионов, не спроектированы для подобной буксировки – прочность носовой оконечности может быть недостаточной для восприятия нагрузок, возникающих в районе стыковки судна с кринолином ледокола. Ранее специалистами АО «ЦНИИМФ» был выполнен анализ существующих методик определения нагрузок на носовую оконечность при буксировке «на усах», и для верификации методики, выбранной в качестве основной, при поддержке ФГУП «Атомфлот» были проведены натурные испытания буксировки судна в Карском море. В статье приводятся краткое описание испытаний, их основные результаты и направление дальнейших исследований.

Ключевые слова: буксировка судов во льдах, буксировка вплотную за ледоколом, буксировка «на усах», испытания судов во льдах, прочность носовой оконечности, Северный морской путь, ледокол.

Введение

В период зимне-весенней навигации на многих участках Северного морского пути проводка судов с ледовыми классами ниже Arc6 возможна только методом буксирования «вплотную» за ледоколом, или, как говорят моряки – «на усах» (рисунок 1). Связанные таким образом ледокол и судно вместе называются «тандем».



Рисунок 1 – Расположение судна в кормовом вырезе (кринолине) ледокола при буксировке «на усах». Фото: © АО «ЦНИИМФ», 2022

Для успешного и безопасного выполнения данной морской операции экипажам тандема необходимо учитывать множество факторов, связанных как с судоводжением, так и с техническим оснащением и конструктивными особенностями судов. Одной из возможных проблем при проводке судна «на усах» является повреждение носовой оконечности вследствие динамических воздействий при резком торможении ледокола (когда буксируемое судно продолжает движение по инерции). Такое торможение, как правило, происходит, когда ледокол встречает на пути торосистые образования или резкое изменение толщины льда. Для того чтобы избежать повреждения носовой оконечности судна вследствие торможения тандема, рекомендуется заранее выполнить оценку прочности конструкции буксируемого судна, где ключевым вопросом является корректное определение нагрузок в районе стыковки судна с кринолином. При анализе существующих методик расчетов этой нагрузки [1] определено, что для целей оперативных расчетов применительно к судам в эксплуатации наиболее подходящей является методика А. М. Купермана [2]. Для подтверждения данного заключения в марте 2022 года сотрудниками АО «ЦНИИМФ» на борту атомного ледокола были проведены натурные испытания буксировки судна вплотную, в частности – измерения ускорений торможения тандема в условиях изменения ледовой обстановки. Согласно методике [2] этот параметр в наибольшей степени влияет на значение расчетной нагрузки (формула (2)), ввиду чего представляет интерес сравнение расчетных и экспериментальных значений ускорения торможения тандема.

Краткое описание проведенных натурных испытаний и их результатов

В период с 15.03.2022 по 22.03.2022 универсальный атомный ледокол (УАЛ) «Сибирь» проекта 22220 осуществлял ледокольную проводку грузовых судов в Карском море, Енисейском заливе и на реке Енисей. Во время буксировки «на усах» т/х «Иоганн Махмасталь» от пролива Карские Ворота до реки Таналау (правый приток реки Енисей) выполнялись измерения ускорений торможения тандема в условиях изменения ледовой обстановки. Для этих целей использовались судовая навигационная система Transas NaviSailor-4000 с приемоиндикатором Глонасс/GPS T701 (рисунок 2) и информация о мощности ледокола с приборной панели на ходовом мостике.



Рисунок 2 – Дисплей навигационной системы Transas NaviSailor-4000.

Фото: © АО «ЦНИИМФ», 2022

С интервалом времени в 10 секунд фиксировались текущая скорость и суммарная мощность на валах, в конце измерения – пройденный путь. Время измерений варьировалось от 3 до 10 минут, всего было выполнено 35 измерений. Для целей исследования применение специального математического аппарата обработки результатов измерений не требуется. Расчет прочности должен быть выполнен для наихудшего возможного случая – при наибольшем по модулю значении ускорения торможения. По результатам каждого измерения строились графики изменения скорости и суммарной мощности на валах в зависимости от времени (рисунок 3). Необходимо отметить, что мощность регулировалась судоводителями на основе личного опыта с учетом текущей ледовой обстановки, скорости, курса и т. д., то есть изменение мощности являлось непрогнозируемым (человеческим) фактором.

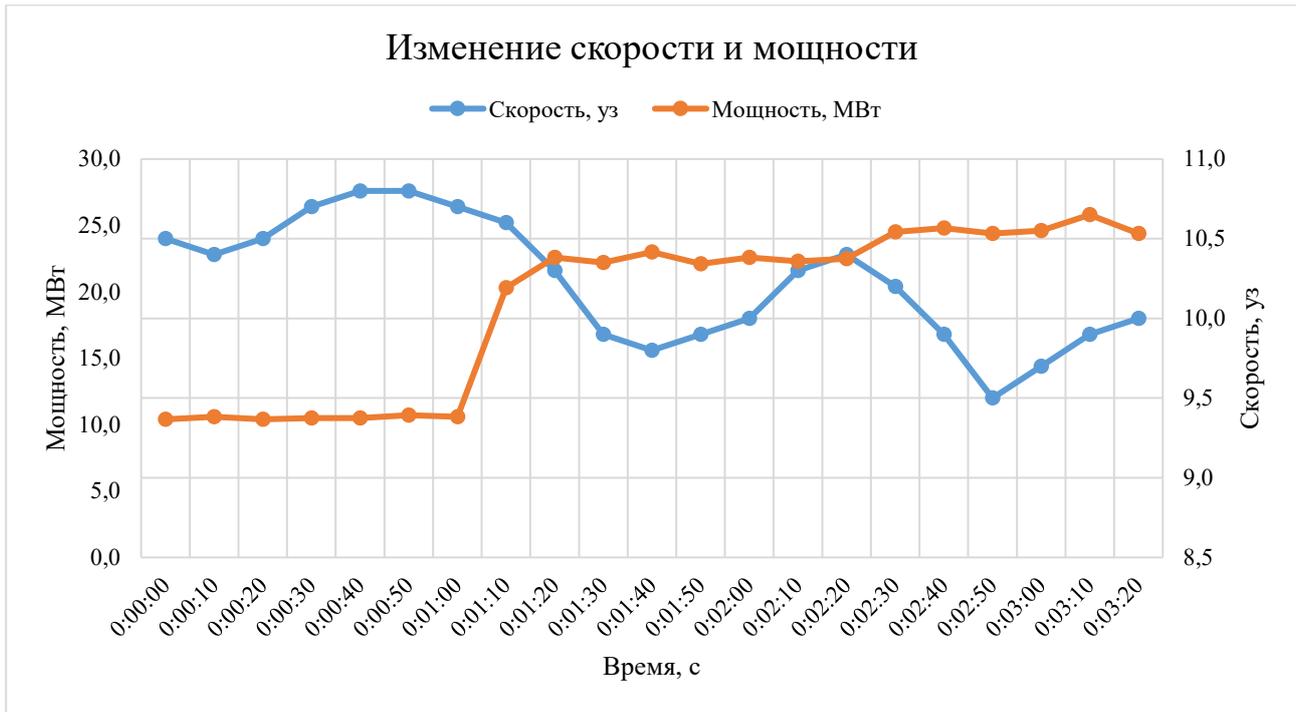


Рисунок 3 – Пример результатов замеров скорости и мощности при прохождении торосов

Наибольшее по модулю значение ускорения торможения, зафиксированное в ходе испытаний, составило 0,14 м/с².

Аналитический расчет нагрузок на носовую оконечность буксируемого судна с учетом результатов натурных испытаний

В соответствии с методикой [2] величина усилия F , действующего на кранцевую защиту ледокола, определяется следующим образом:

$$F = \ddot{x}m_2, \tag{1}$$

$$\ddot{x} = -1.31 \cdot \sqrt{\left(\frac{V_0 \sin\varphi}{c}\right)^2 \cdot \frac{\sigma_c \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varphi}{m}}, \tag{2}$$

$$c = \frac{\sin^2\varphi}{1 + k_{11}} + \frac{\cos^2\varphi}{1 + k_{33}} + \frac{\cos^2\varphi}{0.28\alpha_B(1 + k_{13})}, \tag{3}$$

где $m = m_1 + m_2$, m_1, m_2 – массы ледокола и буксируемого судна соответственно;

V_0 – скорость буксировки перед началом взаимодействия ледокола с торосом;

φ, α – углы наклона форштевня и носовой ветви ватерлинии ледокола соответственно;

σ_c – предел прочности льда на смятие;

k_{11}, k_{33}, k_{13} – коэффициенты присоединенных масс воды;

α_B – коэффициент полноты носовой ветви ватерлинии ледокола.

Для уточнения нагрузки, передаваемой непосредственно на конструкцию носовой оконечности буксируемого судна $P_{СТ}$ (индекс $СТ$ от *close towing* – буксировка «вплотную»), предлагается использовать следующую зависимость:

$$P_{СТ} = \gamma_f \frac{F}{A_{СТ}}, \quad (4)$$

где F – см. формулу (1);

γ_f – демпфирующий коэффициент кранцевой защиты (индекс f от *fender* – кранец), зависящий от материала кранцевой защиты и ее размеров¹;

$A_{СТ}$ – площадь контакта носовой оконечности судна с кранцевой защитой.

Для определения площади контакта носовой оконечности судна с кранцевой защитой рекомендуется использовать 3D-моделирование (рисунки 4 и 5), при этом необходимо учитывать изменение площади контакта при маневрировании (повороте тандема), когда разница между курсовыми углами может достигать 20° . В расчете нагрузки на носовую оконечность необходимо выбирать наименьшее значение площади контакта.

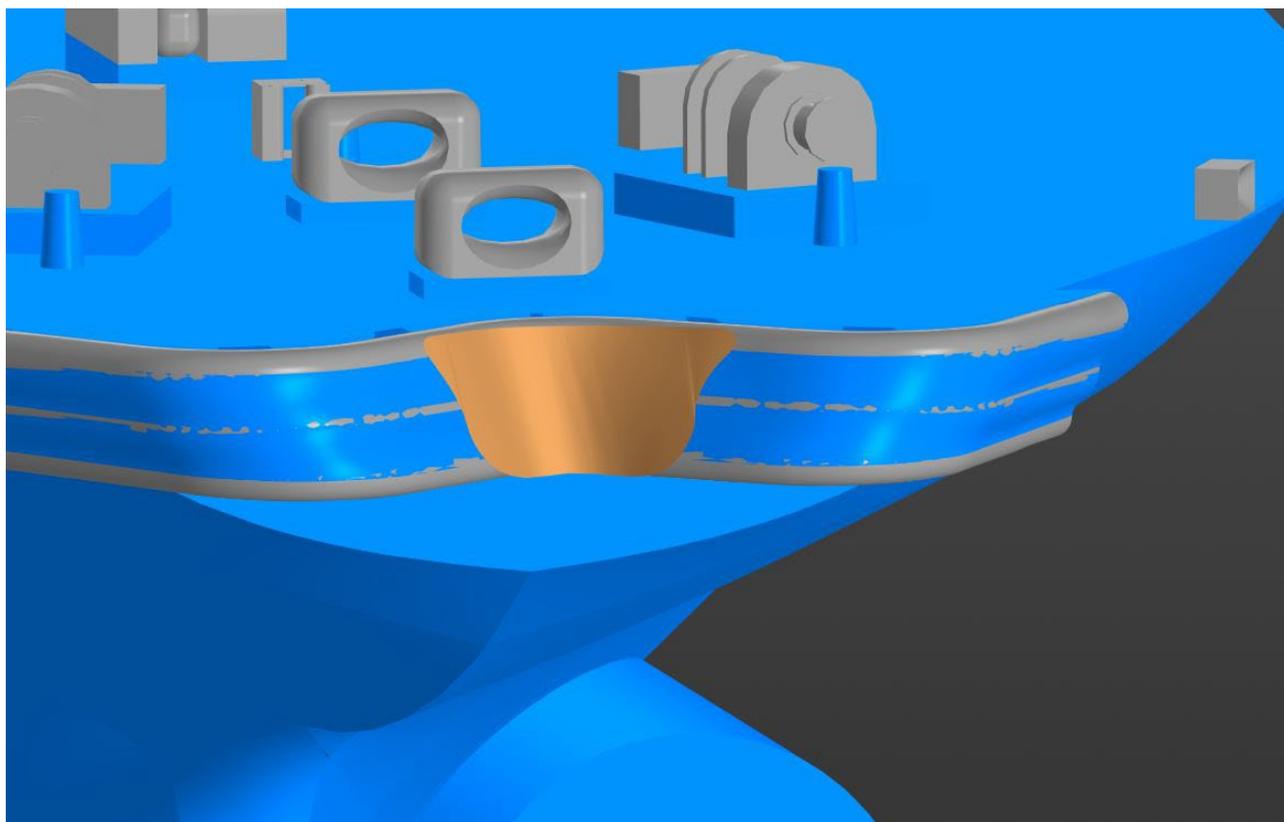


Рисунок 4 – Зона контакта носовой оконечности с кранцевой защитой при отсутствии разницы курсовых углов ($A_{СТ} = 8,8 \text{ м}^2$)

¹ Поскольку конструкции кранцевых защит атомных ледоколов, работающих на СМП, включают в себя слои плетеных синтетических, растительных и стальных тросов, а также имеют различную форму на ледоколах разных проектов, изучение их демпфирующих свойств может быть выполнено в рамках отдельного исследования. При отсутствии соответствующей информации для консервативных оценок допускается принимать $\gamma_f = 1$.

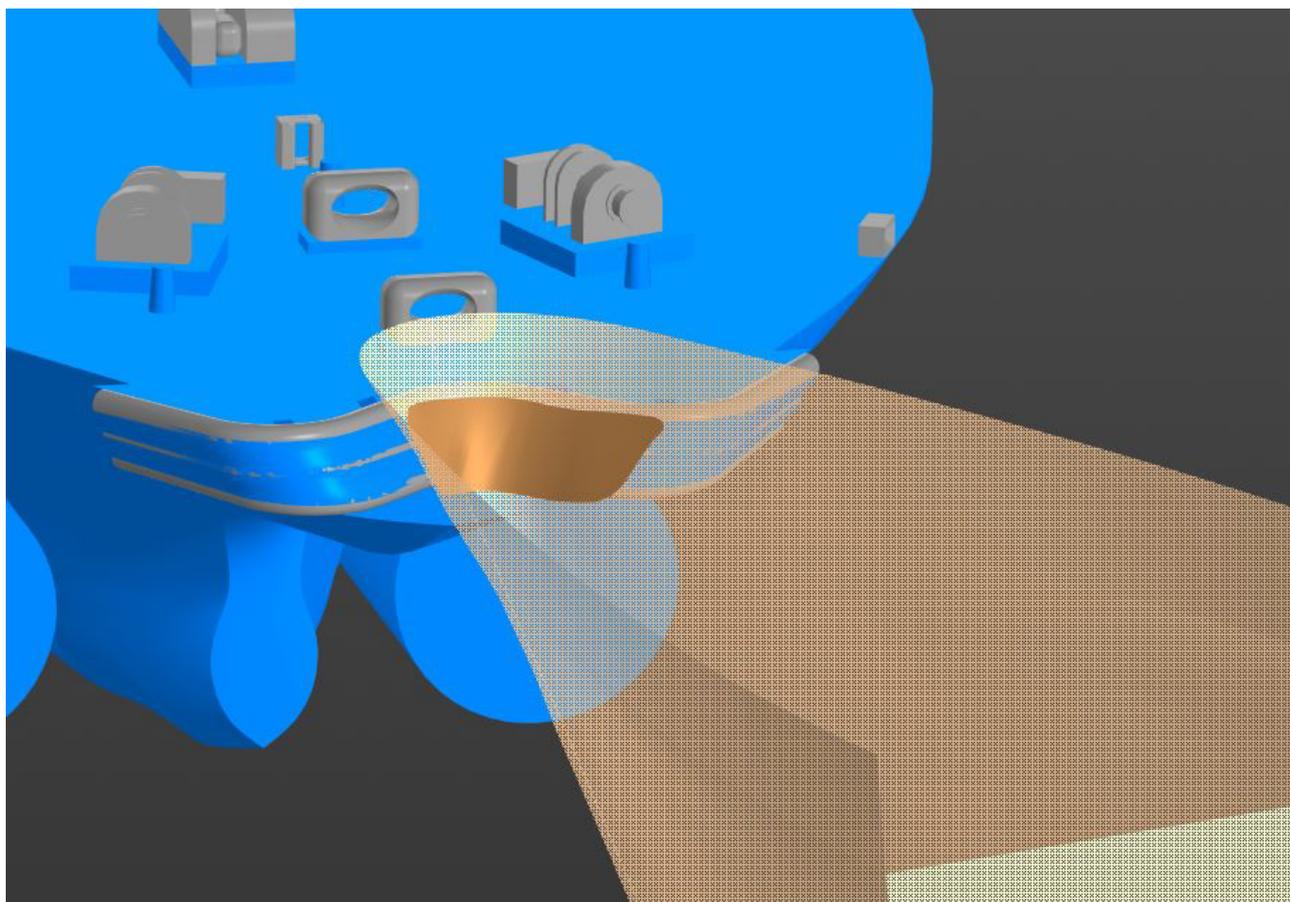


Рисунок 5 – Зона контакта носовой оконечности с кранцевой защитой при разнице курсовых углов 20° ($A_{CT} = 12,0 \text{ м}^2$)

Аналитический расчет нагрузок на носовую оконечность т/х «Иоганн Махмасталь» выполнялся с учетом эксплуатационных данных судна и ледокола, а также гидрометеорологических условий, приведенных в таблице 1. Дополнительно была определена нагрузка при ускорении торможения, зафиксированном во время натурных испытаний. Результаты расчета нагрузок на носовую оконечность по формуле (4) для теоретических и экспериментальных значений ускорения торможения приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Исходные данные и гидрометеорологические условия

Район испытания	Баренцево море
Направление и скорость ветра	$270^\circ-6$
Разреженность	Лед 9/10
Ледовая обстановка	Тонкий лед, поля, обломки полей, торосы
Торосистость	2/3
Толщина льда, м	0,3–0,7
Температура, $^\circ\text{C}$	от -1 до -2
Осадка ледокола, м (нос)	9,40
Осадка ледокола, м (корма)	9,30
Водоизмещение ледокола, тонн	28009
Осадка буксируемого судна, м (нос)	5,30
Осадка буксируемого судна, м (корма)	6,85
Водоизмещение буксируемого судна, тонн	9119

Таблица 2 – Результаты расчета

$v^{\text{теор}}$, узл	$v^{\text{эксп}}$, узл	$\ddot{x}^{\text{теор}}$, м/с ²	$\ddot{x}^{\text{эксп}}$, м/с ²	$P_{CT}^{\text{теор}}$, кПа	$P_{CT}^{\text{эксп}}$, кПа
12,00	6,40	-0,47	-0,12	-489,45	-34,47
10,00	5,60	-0,37	-0,11	-383,82	-30,82
8,00	5,60	-0,28	-0,14	-285,05	-39,23
6,50	1,00	-0,21	-0,10	-216,11	-28,02

Как видно из таблицы 2, теоретическая зависимость дает значительно более консервативный результат (на порядок), что можно объяснить следующим: во время буксировки судоводитель постоянно осуществляет мониторинг ледовой обстановки и выбирает наилучший маршрут, то есть старается избегать опасных ситуаций. Кроме того, запас мощности ледокола позволяет компенсировать потерю хода при изменении толщины льда, что явно видно из рисунка 3. Однако данный консерватизм оценки можно полагать приемлемым, поскольку цель расчета – оценить прочность судна при наступлении внештатного события. Дополнительно стоит отметить удобство и практичность выбранной методики в следующем: с ее помощью можно давать обоснованные рекомендации по безопасной скорости буксировки судна «на усах», если в результате расчета будет определено, что прочность конструкции носовой оконечности не обеспечена.

Заключение

До начала испытаний специалистами АО «ЦНИИМФ» было установлено, что выбранная в качестве основной методика расчета нагрузок на носовую оконечность судна, буксируемого вплотную за ледоколом, является практичной и пригодной для оперативных расчетов с минимальным набором исходных данных [1]. Дополнительным преимуществом выбранной методики является возможность давать рекомендации по скорости проводки «на усах» с целью обеспечения достаточной прочности носовой оконечности буксируемого судна, то есть решать обратную задачу – определять условия, при которых буксировка «на усах» будет безопасной.

В результате сравнения нагрузок, полученных при расчетных ускорениях и ускорениях, зафиксированных в ходе испытаний, установлено, что выбранная методика является консервативной. Однако, если учесть, что цель расчета – предупредить повреждение судна при наступлении внештатной ситуации, подобный консерватизм на данном этапе стоит полагать приемлемым. Для подтверждения этого в будущем представляется целесообразным с помощью выбранной методики выполнить проверку прочности конструкций носовых оконечностей судов, не получивших повреждений при неоднократных проводках методом буксирования «вплотную».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров А. А. Анализ методик определения нагрузок на носовую оконечность судна, буксируемого вплотную за ледоколом / А. А. Петров, М. С. Шилкина // Труды Крыловского государственного научного центра. Спец. вып. 1, 2022. – С. 11–17.
2. Куперман А. М. Кранцевые устройства морских судов / А. М. Куперман. – Л.: Судостроение, 1973. – 128 с.
3. Рывлин А. Я. Испытания судов во льдах / А. Я. Рывлин, Д. Е. Хейсин. – Л.: Судостроение, 1980. – 207 с.

УДК 624.042.43:629.5.023

ПРАКТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРЯМОГО РАСЧЕТА НАГРУЗОК ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЬДА НА КОНСТРУКЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО БОРТА СУДНА

В. В. Якимов, МВА, научный сотрудник лаборатории ледокольной техники и ледовых качеств судов

У судов ледового плавания наличие участков вертикального борта, характеризующихся неблагоприятным сочетанием углов наклона ватерлиний и шпангоутов, обуславливает значительные по величине нагрузки от воздействия льда, так как картина динамического взаимодействия корпуса судна и ледяного покрова качественным образом отличается от таковой, наблюдаемой в случае наклонного борта. Приведены методические основы прямого расчета нагрузок от воздействия льда на конструкции вертикального борта судна. Получены расчетные зависимости для определения силовых параметров ледовой нагрузки при ударе вертикальным бортом о скругленную и угловую кромки ледяного покрова. Предложены графические решения, позволяющие сохранить высокий уровень точности прямого расчета при существенном упрощении вычислительных процедур.

Ключевые слова: ледовая нагрузка, вертикальный борт, прямой расчет, Правила классификации и постройки морских судов РС, Унифицированные требования МАКО.

Уровень воздействия льда на корпус судна определяется в значительной степени формой его обводов, которая характеризуется в каждом рассматриваемом сечении по длине ватерлинии, соответствующей расчетной осадке судна, следующими параметрами:

- α , град – угол наклона расчетной ватерлинии к диаметральной плоскости;
- β , град – угол наклона шпангоута к диаметральной плоскости на уровне расчетной ватерлинии.

Определенные комбинации углов наклона ватерлиний и шпангоутов могут обуславливать значительные по величине нагрузки от воздействия льда. В частности, с точки зрения восприятия ледовых нагрузок неблагоприятное сочетание указанных параметров формы корпуса имеет место для участков верти-

кального борта судна, в пределах которых одновременно угол α отличен от нуля ($\alpha \neq 0$), а угол β равен нулю или близок к нему ($\beta \cong 0$).

Наличие участков вертикального борта является характерным для бульбообразной носовой оконечности судов, где в пределах района переменных осадок угол β изменяет знак вследствие изменения формы обводов шпангоута (от вогнутой к выпуклой или наоборот – в зависимости от формы носового бульба). Кроме того, у современных транспортных судов неарктических классов носовая оконечность может иметь протяженную зону вертикального борта, достигающую вплоть до цилиндрической вставки. У судов арктических классов наличие участков вертикального борта вне расположения непосредственно носового бульба является следствием нерационального выбора формы обводов корпуса, прежде всего в районах перехода носовой и/или кормовой оконечности в цилиндрическую вставку.

Согласно действующим Унифицированным требованиям Международной ассоциации классификационных обществ (далее – УТ МАКО) к судам полярных классов следует, как правило, избегать использования бульбообразной носовой оконечности и носовой оконечности с вертикальным бортом для судов полярных классов PC5–PC1 [1].

Согласно действующим требованиям Правил классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства (далее – Правил РС) к ледовым усилениям судов ледовых классов допускается использование бульбообразной носовой оконечности для судов ледовых классов Ice1–Arc7, при этом в носовом и промежуточном районах ледовых усиления судов ледовых классов Arc4–Arc9 наружная обшивка не должна иметь участков вертикального борта [2].

Расчет ледовых нагрузок в соответствии с действующими требованиями нормативной документации позволяет обеспечить минимально необходимый уровень ледовой прочности конструкций корпуса судна. При этом используется общий, унифицированный подход к определению нагрузок от воздействия льда на корпус судна, и регламентируется их величина в зависимости от знака ледового класса судна, его размерений (водоизмещения), формы обводов корпуса [3].

В рамках УТ МАКО проектные нагрузки от воздействия льда на конструкции вертикального борта судна определяются в соответствии с п. I2.3.2.1(iv) требования I2 “Structural Requirements for Polar Class Ships”, а в рамках Правил РС – в соответствии с п. 3.10.3.8 части II «Корпус». Следует отметить, что в состав Правил РС требования, касающиеся расчета параметров ледовой нагрузки для участков вертикального борта, были введены только в 2019 году. Указанные требования разработаны на основе методики нормирования ледовых нагрузок на конструкции носовой оконечности судов с вертикальным бортом и бульбовыми обводами [4].

В течение многих лет нормативно-методологическую основу требований Правил РС к определению нагрузок от воздействия льда на корпус судна со-

ставляет метод прямого расчета, предусматривающий следующую модель механического взаимодействия двух тел – косо-внецентренное неупругое соударение поступательно движущегося корпуса судна и неподвижного ледяного покрова. В части внешней динамики рассматриваемый метод прямого расчета базируется на положениях классической теории удара (в предположении его мгновенности), фундаментальных законах сохранения энергии, количества движения и момента количества движения, принципе наименьшего действия и дифференциальных уравнениях движения физической системы, а в части внутренней механики – на расчетных зависимостях гидродинамической модели удара твердого тела о лед, используемой для задания контактного давления. Общие методические основы прямого расчета нагрузок от воздействия льда на корпус судна резюмированы в работе [5].

При динамическом взаимодействии корпуса судна со льдом происходит удар бортом о кромку ледяного покрова, геометрическая форма которой в зоне силового контакта может быть качественно различной. В рамках рассматриваемой модели определения ледовых нагрузок на корпус судна форма кромки ледяного покрова принимается типовой – скругленной или угловой, при этом предполагается, что вероятность удара о скругленную кромку и вероятность удара об угловую кромку одинаковы.

Зона контакта, образованная сечением скругленной кромки льда плоскостью борта, имеет форму параболического сегмента, а геометрия кромки льда в ее пределах в полной мере характеризуется радиусом скругления R , значения которого, как правило, изменяются в диапазоне от 10 до 40 м [6].

Зона контакта, образованная сечением угловой кромки льда плоскостью борта, имеет форму треугольника, а геометрия кромки льда в ее пределах в полной мере характеризуется углом раствора ψ , значения которого, как правило, изменяются в диапазоне от 45° до 145° [6].

В случае вертикального борта картина динамического (ударного) взаимодействия корпуса судна и ледяного покрова, включая механизмы деформирования и разрушения льда, качественным образом отличается от таковой, наблюдаемой в случае наклонного борта.

При ударе вертикальным бортом о кромку ледяного покрова зона контакта имеет форму прямоугольника практически при любой представляющей интерес геометрической форме кромки льда. В случае прямоугольной зоны контакта решение уравнения Пуассона при нулевых граничных условиях на контуре записывается следующим образом:

$$\varphi(x, y) = \frac{5}{8} \cdot \frac{a^2 \cdot A^2}{a^2 + A^2} \cdot \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) \cdot \left(1 - \frac{y^2}{A^2}\right), \quad (1)$$

где a , A – половины смежных сторон прямоугольника.

При ударе вертикальным бортом смятие происходит по всей толщине ледяного покрова. Каждому заданному моменту времени взаимодействия соот-

ветствует определенное соотношение сторон зоны контакта, при этом в процессе удара высота зоны контакта остается постоянной и равной расчетной толщине ледяного покрова, а длина зоны контакта непрерывно изменяется (увеличивается) в зависимости от глубины внедрения борта в лед. Вытеснение раздробленного льда из зоны контакта в процессе удара осуществляется как в вертикальном направлении (то есть поперек зоны контакта), так и в продольном направлении (то есть вдоль зоны контакта). Таким образом, качественно нарушается допущение об одномерности вытеснения разрушенного льда из зоны контакта, вполне обоснованное применительно к удару наклонным бортом. Кроме того, в случае вертикального борта ($\beta \rightarrow 0$) безразмерные функции влияния формы корпуса на значения параметров ледовой нагрузки обращаются в бесконечность ($F_i \rightarrow \infty$), что не позволяет использовать для решения данной задачи расчетные выражения, аналогичные полученным применительно к удару наклонным бортом, и требует рассмотрения несколько иного алгоритма определения ледовых нагрузок.

Учитывая образование сколов льда по краям зоны контакта, принимая коэффициент n равным единице ($n = 1$) и вводя обозначение $k_p = \sigma_c / l$, можно в результате подстановки решения (1) в общее выражение для контактного давления (5) [5] получить следующую зависимость для его определения при ударе вертикальным бортом о кромку ледяного покрова:

$$p = \left[w \cdot (2 \cdot \mu_1 \cdot k_p^3) \cdot \left(\frac{a^2 \cdot A^2}{a^2 + A^2} \right) \cdot (1 - x^2) \cdot (1 - y^2) \right]^{1/4}. \quad (2)$$

Если подставить выражение для контактного давления (2) в общее дифференциальное уравнение движения физической системы (4) [5] и произвести последующее его интегрирование по площади зоны контакта путем введения вспомогательной переменной (метод подстановки) и перехода к табличному интегралу $\int_0^1 x^{m-1} \cdot (1-x)^{n-1} dx$, решение которого представляется в виде комбинации определенных значений гамма-функции $\Gamma(m) \cdot \Gamma(n) / \Gamma(m+n)$, то уравнение (4) [5] можно соответствующим образом переписать:

$$M_{12}^{red} \cdot w \frac{dw}{d\zeta} + J \cdot w^{1/4} \cdot (2 \cdot \mu_1 \cdot k_p^3)^{1/4} \cdot \left(\frac{a^6 \cdot A^6}{a^2 + A^2} \right)^{1/4} = 0; \quad (3)$$

$$J = 4 \cdot \int_0^1 (1-x^2)^{1/4} dx \cdot \int_0^1 (1-y^2)^{1/4} dy = 4 \cdot (0.5 \cdot \Gamma(1/2) \cdot \Gamma(5/4) / \Gamma(7/4))^2 \approx 3.056,$$

где $a = h_{ice} / 2 = const$;

$A = A(\zeta) = \sqrt{(2 \cdot R) \cdot \zeta}$ и $A = A(\zeta) = \operatorname{tg}(\psi / 2) \cdot \zeta$ для скругленной и угловой кромок ледяного покрова соответственно;

h_{ice} – расчетная толщина ледяного покрова;

ζ – глубина внедрения борта в лед.

Выполняя интегрирование уравнения (3) с учетом заданного начального условия $w_0 = w|_{\zeta=0} = v_0^{red}$ и последующее преобразование его к безразмерному виду, можно перейти к зависимости для определения скорости внедрения борта в лед в направлении удара (т. е. скорости относительного сжатия корпуса судна и ледяного покрова):

$$w = w_0 \cdot [1 - Z \cdot \int_0^{\xi} \left(\frac{x^m}{1+x} \right)^{1/4} dx]^{4/7}, \quad (4)$$

где $w_0 = v_0^{red}$ – скорость внедрения борта в лед в начальный момент его контакта с кромкой ледяного покрова ($t = 0, \zeta = 0$), соответствующая приведенной к направлению удара скорости хода судна;

$\xi = \xi(\zeta) = [l^s(\zeta) / b]^2$ – безразмерный параметр, представляющий собой квадрат отношения длины зоны контакта к ее высоте (характеристического отношения); $m = 3$ и $m = 1$ для скругленной и угловой кромок ледяного покрова соответственно.

Безразмерный параметр Z находится в зависимости от общих параметров, непосредственно характеризующих заданный режим взаимодействия корпуса судна со льдом, и от геометрических параметров конкретных точек удара (т.е. линейных координат и углов наклона). Для скругленной кромки ледяного покрова параметр Z вычисляется согласно выражению (5), а для угловой кромки ледяного покрова – согласно выражению (6):

$$Z_R = k_{ZR} \cdot \frac{a_p^{6/5} \cdot h_{ice}^{9/2}}{M_{12}^{red} \cdot (v_0^{red})^{7/4} \cdot (2 \cdot R)}; \quad (5)$$

$$Z_\psi = k_{Z\psi} \cdot \frac{a_p^{6/5} \cdot h_{ice}^{7/2}}{M_{12}^{red} \cdot (v_0^{red})^{7/4} \cdot \operatorname{tg}(\psi / 2)}, \quad (6)$$

где $a_p = (2 \cdot \mu_1 \cdot k_p^3)^{5/24}$ – условный измеритель динамической прочности льда на раздробление.

Изменение контактного давления в процессе удара (в процессе внедрения борта в лед) происходит в соответствии со следующей зависимостью:

$$p = p_0 \cdot [1 - Z \cdot f_0(\xi)]^{1/7} \cdot \left(\frac{\xi}{1 + \xi} \right)^{1/4}; \quad (7)$$

$$f_0(\xi) = \int_0^{\xi} \left(\frac{x^m}{1+x} \right)^{1/4} dx;$$

$$p_0 = k_{p0} \cdot (v_0^{red})^{1/4} \cdot a_p^{6/5} \cdot h_{ice}^{1/2},$$

где $\xi = \xi(\zeta) = [l^s(\zeta)/b]^2$ – безразмерный параметр, представляющий собой квадрат отношения длины зоны контакта к ее высоте (характеристического отношения);

$\xi = (8 \cdot R / h_{ice}^2) \cdot \zeta$ и $\xi = (4 \cdot tg^2(\psi/2) / h_{ice}^2) \cdot \zeta^2$ для скругленной и угловой кромок ледяного покрова соответственно.

Безразмерный параметр $\xi_p = [l^s(\zeta_p)/b]^2$, соответствующий максимальному значению контактного давления $p = p_{max}$, определяется в результате решения уравнения (7) при выполнении условий $dp/d\xi = 0$ и $0 < \xi_p < \xi_p < \xi_{max}$:

$$\int_0^{\xi_p} \left(\frac{x^m}{1+x} \right)^{1/4} dx = \frac{1}{Z} - \frac{4}{7} \cdot \xi_p^{\frac{m+4}{4}} \cdot (1 + \xi_p)^{3/4}. \quad (8)$$

Изменение суммарной контактной силы в процессе удара (в процессе внедрения борта в лед) происходит в соответствии со следующей зависимостью:

$$P = P_0 \cdot [1 - Z \cdot f_0(\xi)]^{1/7} \cdot \left(\frac{\xi^3}{1 + \xi} \right)^{1/4}; \quad (9)$$

$$f_0(\xi) = \int_0^{\xi} \left(\frac{x^m}{1+x} \right)^{1/4} dx;$$

$$P_0 = k_{p0} \cdot (v_0^{red})^{1/4} \cdot a_p^{6/5} \cdot h_{ice}^{5/2},$$

где $\xi = \xi(\zeta) = [l^s(\zeta)/b]^2$ – безразмерный параметр, представляющий собой квадрат отношения длины зоны контакта к ее высоте (характеристического отношения);

$\xi = (8 \cdot R / h_{ice}^2) \cdot \zeta$ и $\xi = (4 \cdot tg^2(\psi/2) / h_{ice}^2) \cdot \zeta^2$ для скругленной и угловой кромок ледяного покрова соответственно.

Безразмерный параметр $\xi_p = [l^s(\zeta_p)/b]^2$, соответствующий максимальному значению суммарной контактной силы $P = P_{max}$, определяется в результате решения уравнения (9) при выполнении условий $dP/d\xi = 0$ и $0 < \xi_p < \xi_p < \xi_{max}$:

$$\int_0^{\xi_p} \left(\frac{x^m}{1+x} \right)^{1/4} dx = \frac{1}{Z} - \frac{4}{7} \cdot \xi_p^{\frac{m+4}{4}} \cdot (1 + \xi_p)^{3/4} \cdot \frac{1}{2 \cdot \xi_p + 3}. \quad (10)$$

Безразмерный параметр ξ_{\max} соответствует максимальному значению глубины внедрения борта в лед $\zeta = \zeta_{\max}$, определяемому в конечный момент его контакта с кромкой ледяного покрова ($t = T$, $w = 0$):

$$\xi_{\max} = [l^s(\zeta_{\max})/b]^2, \quad (11)$$

где $l^s(\zeta_{\max})$ – длина зоны контакта, при которой достигает максимума глубина внедрения борта в лед;

b – высота зоны контакта.

Параметр ξ_{\max} может быть найден либо непосредственно в результате решения уравнения (4) при выполнении очевидного условия $w = 0$:

$$\int_0^{\xi_{\max}} \left(\frac{x^m}{1+x} \right)^{1/4} dx = \frac{1}{Z}, \quad (12)$$

либо приближенно с использованием достаточно простых зависимостей:

$$\xi_{\max} = \max(\xi_{\max 1}; \xi_{\max 2}); \quad (13)$$

$$\xi_{\max 1} = \left(\frac{m+4}{4} \cdot \frac{1}{Z} \right)^{\frac{4}{m+4}}; \quad \xi_{\max 2} = \left(\frac{m+3}{4} \cdot \frac{1}{Z} \right)^{\frac{4}{m+3}}.$$

Выражения (13), приведенные для оценки параметра ξ_{\max} , были получены из уравнения (12) при рассмотрении двух предельных случаев:

- величина $\xi_{\max 1}$ соответствует слабому удару, для которого предполагается, что зона контакта оказывается вытянутой в вертикальном направлении, а вытеснение раздробленного льда из нее осуществляется преимущественно в продольном направлении, т.е. вдоль зоны контакта ($\xi_{\max} \ll 1$);

- величина $\xi_{\max 2}$ соответствует сильному удару, для которого предполагается, что зона контакта оказывается вытянутой в продольном направлении, а вытеснение раздробленного льда из нее осуществляется преимущественно в вертикальном направлении, т.е. поперек зоны контакта ($\xi_{\max} \gg 1$).

При ударе вертикальным бортом глобальное разрушение ледяного покрова может произойти только в результате потери устойчивости при действии горизонтальной составляющей суммарного контактного усилия, при этом реализация механизма потери устойчивости наблюдается достаточно редко, в основном для ровных льдов очень небольшой толщины. Действием вертикальной составляющей суммарного контактного усилия пренебрегают ввиду равных нулю или близких к нему значений угла β ($\beta \cong 0$), следовательно, глобальное разрушение ледяного покрова вследствие изгиба оказывается невозможным, так как

в данном случае приведенная к направлению удара критическая нагрузка обращается в бесконечность ($P_d \rightarrow \infty$).

Глобальное разрушение ледяного покрова в процессе удара (в процессе внедрения борта в лед) происходит при выполнении следующего условия:

$$\xi_d < \xi_p, \text{ или } \xi_d / \xi_p < 1, \quad (14)$$

где $\xi_d = [l^s(\zeta_d)/b]^2$ – безразмерный параметр, соответствующий приведенной к направлению удара критической нагрузке P_d , то есть нагрузке, разрушающей ледяной покров.

После проведения ряда подстановок и преобразований уравнение для определения параметра ξ_d принимает следующий окончательный вид:

$$\int_0^{\xi_d} \left(\frac{x^m}{1+x} \right)^{1/4} dx = \frac{1}{Z} - \frac{1}{Z} \cdot \left(\frac{P_d}{P_0} \right)^7 \cdot \left(\frac{1+\xi_d}{\xi_d^3} \right)^{7/4}. \quad (15)$$

Максимальные значения контактного давления p_{\max} и суммарной контактной силы P_{\max} находятся с использованием расчетных зависимостей (7) и (9), при этом в случае неразрушения ледяного покрова следует принимать параметры $\xi_p = [l^s(\zeta_p)/b]^2$ и $\xi_p = [l^s(\zeta_p)/b]^2$ соответственно:

$$p_{\max} = p_0 \cdot [1 - Z \cdot f_0(\xi_p)]^{1/7} \cdot \left(\frac{\xi_p}{1+\xi_p} \right)^{1/4}; \quad (16)$$

$$P_{\max} = P_0 \cdot [1 - Z \cdot f_0(\xi_p)]^{1/7} \cdot \left(\frac{\xi_p^3}{1+\xi_p} \right)^{1/4}, \quad (17)$$

а в случае разрушения ледяного покрова необходимо учитывать параметр $\xi_d = [l^s(\zeta_d)/b]^2$:

$$p_{\max} = p_0 \cdot [1 - Z \cdot f_0(\xi_d)]^{1/7} \cdot \left(\frac{\xi_d}{1+\xi_d} \right)^{1/4}; \quad (18)$$

$$P_{\max} = P_0 \cdot [1 - Z \cdot f_0(\xi_d)]^{1/7} \cdot \left(\frac{\xi_d^3}{1+\xi_d} \right)^{1/4}. \quad (19)$$

Так как в процессе удара высота зоны контакта остается постоянной и равной расчетной толщине ледяного покрова, максимум погонной нагрузки совпадает с максимумом контактного давления:

$$q_{\max} = p_{\max} \cdot h_{ice}. \quad (20)$$

Практическая реализация метода прямого расчета нагрузок от воздействия льда на конструкции вертикального борта судна оказывается в достаточной степени трудоемкой с вычислительной точки зрения и всякий раз требует привлечения программных средств, в частности, для численного решения интегральных уравнений Вольтерры (8), (10) и (12). Автором в результате выполнения нескольких серий автоматизированных расчетов [7] для широкого диапазона значений безразмерного параметра Z были определены безразмерные параметры ξ_p , ξ_p и ξ_{\max} , а также соответствующие им функции $f_0(\xi_p)$, $f_0(\xi_p)$ и $f_0(\xi_{\max})$, при этом рассмотрены обе типовые геометрические формы кромки ледяного покрова – скругленная и угловая. Полученные решения, представленные в графическом виде, позволяют сохранить высокий уровень точности прямого расчета при существенном упрощении вычислительных процедур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. International Association of Classification Societies. Requirements concerning POLAR CLASS. UR II “Polar Class Descriptions and Application”. – Rev. 2 Apr 2016.
2. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть II «Корпус». НД № 2-020101-152. – 2022.
3. Якимов В. В., Егиазаров Г. Е., Летова Т. И. Дальнейшее развитие программного обеспечения прямого расчета нагрузок от воздействия льда на корпус судна // Морской Вестник. – 2020. – № 2(74). – С. 21–26.
4. Апполонов Е. М., Платонов В. В., Тряскин В. Н. Методика нормирования ледовых нагрузок на конструкции носовой оконечности судов с вертикальным бортом и бульбовыми обводами // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2019. – № S1. – С. 17–23.
5. Тряскин В. Н., Якимов В. В. Программное обеспечение прямого расчета нагрузок от воздействия льда на корпус судна: разработка и применение // Труды 2-й Международной конференции по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики и континентального шельфа Offshore Marintec Russia 2016. – СПб., 2016. – С. 53–60.
6. Попов Ю. Н., Фаддеев О. В., Хейсин Д. Е., Яковлев А. А. Прочность судов, плавающих во льдах. – Л.: Судостроение, 1967. – 224 с.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2019611825 Российская Федерация. Прямой расчет параметров динамического взаимодействия корпуса судна с ледяным покровом / В. В. Якимов; заявитель и правообладатель В. В. Якимов. – № 2019610656; заявл. 18.01.2019; опублик. 04.02.2019. – 1 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ

А. С. Буянов, канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по развитию, экономике и экологии морского транспорта

Е. В. Бабчук, заведующий отделом новых типов судов

О. Н. Леонова, инженер-конструктор 1-й категории отдела новых типов судов

В статье приведены статистические данные объема судостроительного производства в России за прошедшие годы и ее динамика. Выполнен анализ перспектив и определены направления развития судостроительной отрасли. Выполнен анализ текущей загрузки судостроительных мощностей и приведен перспективный портфель заказов гражданской морской техники на ближайшие годы. Обозначены некоторые системные проблемы отрасли и способы их решения. Результатом статьи стали обобщение полученных статистических данных, определение перспективных ниш судостроительного производства и выполнение прогноза развития судостроительной отрасли.

Ключевые слова: судостроительный комплекс, судостроительные предприятия, возможности судостроительной отрасли.

Судостроительная промышленность традиционно для Российской Федерации является одной из ключевых отраслей в машиностроении, где сосредоточен значительный научно-технический потенциал и наиболее точно отражается уровень технологического развития производства в целом. По итогам 2021 года судостроительными предприятиями России были построены и переданы заказчику 63 единицы судов и морской техники гражданского назначения суммарным дедвейтом около 142 тыс. тонн. Данные по количеству построенных судов в период с 2016 по 2021 год показаны на рисунке 1.

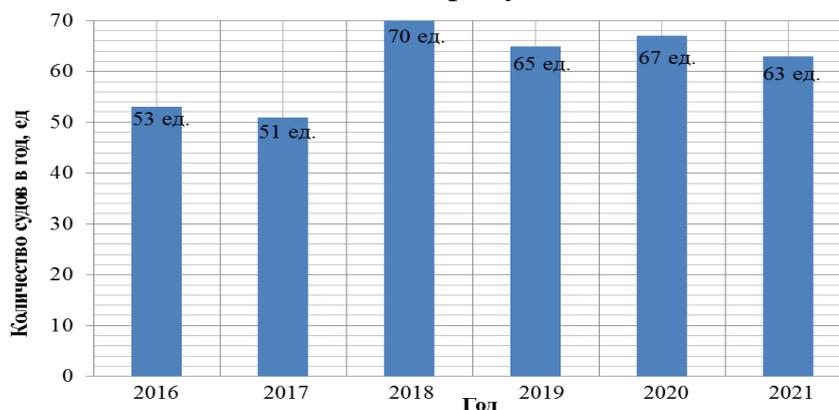


Рисунок 1 – Количество построенных судов в период с 2016 по 2021 год

В таблице 1 отражена информация по построенным и переданным судам заказчику за период 2021 года. Количество построенных судов показано на рисунке 2.

Таблица 1 – Информация по построенным и переданным заказчику судам и морской технике гражданского назначения за 2021 год (по состоянию на 31.12.2021)

Предприятие-строитель	Проект	Тип судна	Количество	Дедвейт/ водоизмещение	Заказчик
<i>Северо-Западный федеральный округ (СЗФО)</i>					
АО «Балтийский завод» (г. Санкт-Петербург)	22220	Универсальный атомный ледокол «Сибирь»	1	– / 33540	ФГУП «Атомфлот»
ПАО «Выборгский судостроительный завод» (г. Выборг, Ленинградская область)	KMT01	Траулеры «Баренцево море», «Норвежское море»	2	– / –	АО «Архангельский трапловый флот»
ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод» (г. Шлиссельбург, Ленинградская обл.)	MPSV12	Спасательное судно «Пильтун»	1	1820 / –	ФГБУ «Госморспасслужба»
	RSD59	Сухогруз «Пола Гали»	1	в море / в реке – 8144 / 5320 т	ПАО «ГТЛК» и ООО «Пола Райз»
	PV22	Грузопассажирское судно (паром) «Павел Леонов»	1	1830 т / –	АО «Сахалинлизингфлот»
ОАО «Онежский судостроительно-судоремонтный завод» (г. Петрозаводск)	ASD 3413	Буксир «Помор»	1	4,78 / –	ФГУП «Росморпорт»
ООО «Кингисеппский машиностроительный завод» (г. Кингисепп, Ленинградская обл.)	04190	Катер специального назначения ПК1200	1	– / 11 т	«Ространснадзор»
ООО «Судостроитель» (г. Котлас)	РЕГК.107	Сухогрузная баржа-площадка для перевозки генеральных грузов «Архсплав-009»	1	1800 / –	–
	60СТ.2015	Несамостоятельный паром для перевозки автотранспортной техники с нагрузкой на ось 10 т и пассажиров	1	60 / –	–
<i>Центральный федеральный округ (ЦФО)</i>					
ПАО «Ярославский судостроительный завод» (г. Ярославль)	P2114	Судно-нефтеборщик «Север-1»	1	– / –	АО «Транснефть – Прикамье»
	02220	Водолазный катер	1	– / –	АО «Транснефть – Подводсервис»
АО «Костромской судомеханический завод» (г. Кострома)	KC-162	Пассажирские водометные катера «Роман Ругин», «Петр Хатанзеев»	2	6,71 / –	–
	KC-110-32a	Пассажирские водометные катера «Ян Залит», «Иван Белов»	2	4,1 / –	–
<i>Приволжский федеральный округ (ПФО)</i>					
ПАО «Красное Сормово» (г. Нижний Новгород)	RSD59	Сухогрузные суда: «Владимир Латышев», «Виктор Андрюхин», «Альфа Аквилон», «Леонид Пестриков», «Николай Леонов», «Альфа Гелиос», «Альфа Гермес»	7	в море / в реке – 8144 / 5320 т	ПАО «ГТЛК», ООО «Альфа»
АО «Окская судостроительная верфь» (г. Навашино)	RSD59	Сухогрузные суда: «Александр Иванов»,	8	в море / в реке –	ПАО «ГТЛК» и судостроительная

Предприятие-строитель	Проект	Тип судна	Количество	Дедвейт/ водоизмещение	Заказчик
		«Астрол-3», «Астрол-4», «Астрол-5», «Астрол-6», «Валентин Смыслов», «Астрол-7», «Астрол-8»		8144 / 5320 т	ная компания «Астрол»
Научно-производственный комплекс АО «ЦКБ по СПК им. Р. Е. Алексеева» (г. Нижний Новгород)	23180	ВАЛДАЙ 45Р	4	5,74 / –	ООО «Водолет»
ПАО «Судостроительно-судоремонтная корпорация» (г. Нижний Новгород)	4395	Несамоходный землесос «Аркадий Карда- ков»	1	– / 1005 т	ФКУ «Речводпуть» для ФБУ «Администрация Камского бассейна внут- ренних водных путей»
ООО СК «Р-Флот» (п. Окский, Нижего- родская обл.)	3052	Обстановочное судно «Владимир Мака- ров»	1	– / –	ФГБУ «Канал имени Москвы»
АО «Зеленодольский завод имени А. М. Горького» (г. Зеленодольск, Рес- публика Татарстан)	03622	Пассажирский теплоход «Чайка»	1	29 / –	–
<i>Дальневосточный федеральный округ (ДФО)</i>					
АО «Судостроительный завод имени Октябрьской революции» (г. Благовещ- енск, Амурская область)	1338 К (МРС-239)	Сейнер	3	– / 112	ООО «Дельта фиш ЛТД» из Усть-Камчатска, МУП «Таймылырский» (Якутия)
	3052	Обстановочное судно	1	– / –	
<i>Уральский и Сибирский федеральные округа (УФО и СФО)</i>					
ООО «Самусьский судостроительно- судоремонтный завод» (Томская обл.)	106.20	Буксиры «Нефтяник-9», «Нефтяник-10»	2	– / –	АО «Транснефть – Си- бирь»
ООО «Гидротранссервис» (г. Омск) г. Красноярск	РЕГК.116	Сухогрузная баржа-площадка	1	6,96 / –	–
	МС-201	Несамоходная баржа-площадка	1	– / –	–
г. Кызыл, Республика Тыва	ТП273.20	Несамоходный грузопассажирский паром для перевозки пассажиров и автотехники	1	122 / –	–
г. Усть-Илимск-2015	183ВМ/01- 90-3	Несамоходная баржа площадка для пере- возки леса	1	200 / –	–
г. Братск	БП-10, БП- 09	Несамоходная баржа-площадка для пере- возки леса	2	– / –	–
г. Жигалово	3052	Обстановочное судно для обслуживания судходной обстановки	1	25,8 / –	–
г. Красноярск	183 ВМ	Несамоходная баржа-площадка	1	108,8 / –	–
г. Кызыл, Республика Тыва	ТП273.20	Несамоходный грузопассажирский паром для перевозки пассажиров и автотехники	1	122 / –	–
г. Томск	Ц480М2рЭ	Несамоходный электрический земснаряд для разработки грунта	1	2,5 / –	–
<i>Южный федеральный округ (ЮФО)</i>					
АО «Цимлянский судомеханический	Ц480М2рЭ,	Несамоходный электрический земснаряд	7	– / –	–

Предприятие-строитель	Проект	Тип судна	Количество	Дедвейт/ водоизмещение	Заказчик
завод» (Ростовская обл.)	Ц485Д, Ц480М2рЭА, Ц490Д, Ц490ДА	для разработки и транспортировки под- водного грунта гидравлическим способом			
АО «Судостроительный завод «Лотос» (г. Астрахань)	3409А	Несамходные многочерпаковые земсна- ряды «Иртыш-2501», «Иртыш-2502»	2	106,6 / –	–

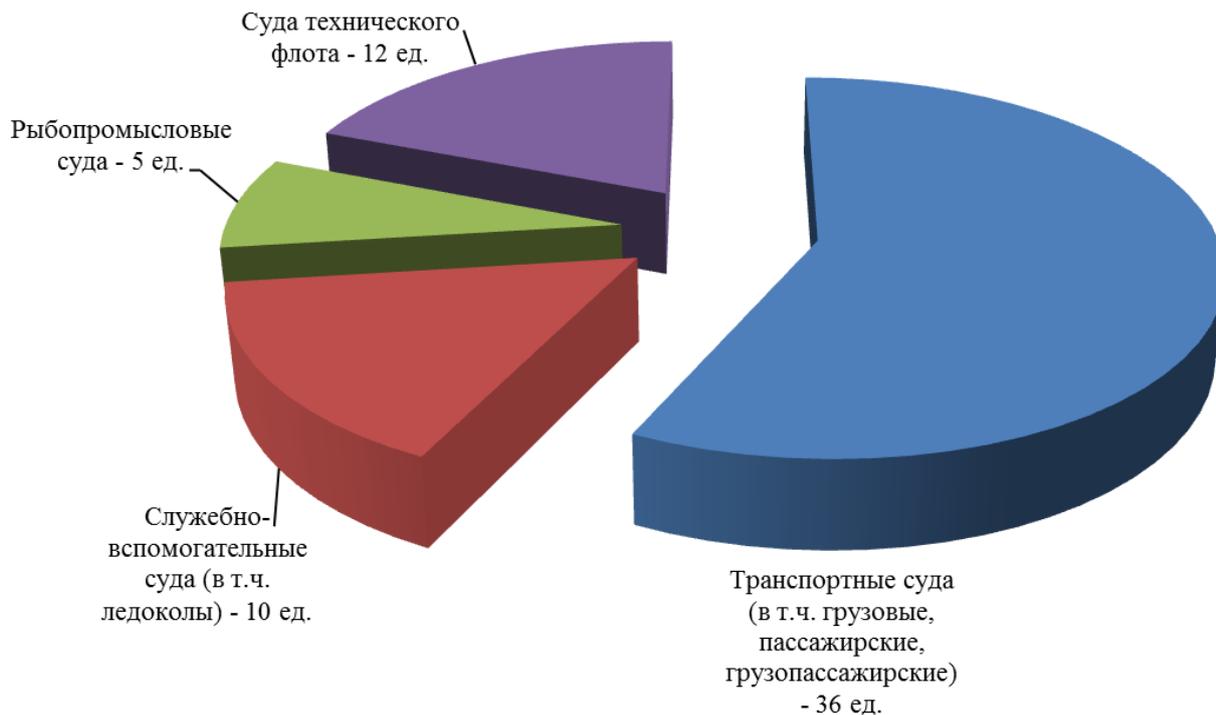


Рисунок 2 – Количество построенных судов по итогам 2021 года

По итогам 2021 года в общемировой статистике доля России по строительству судов и морской техники по количественному показателю составляет менее 1 %, по компенсированному валовому тоннажу – около 0,2 % [1, 2]. Доля России в структуре портфеля заказов по основным параметрам незначительна, в стоимостном выражении ситуация выглядит несколько иначе и составляет около 6 млрд долл. Связано это, прежде всего, с тем, что в расширенном портфеле заказов российских предприятий в настоящий момент находится 7 судов ледового плавания, в том числе 4 атомных ледокола. Стоимость каждого из них составляет свыше 1 млрд долл. Постройка ледоколов производится на трех предприятиях судостроительного комплекса: АО «Балтийский завод», ООО «ССК «Звезда» и ПАО «Судостроительная фирма «Алмаз».

Основными предприятиями – поставщиками судов в 2021 году стали АО «Окская судостроительная верфь» и ПАО «Красное Сормово». На их счету в общей сложности 15 сухогрузных судов проекта RSD 59.

На сегодняшний день лидером российского судостроения является АО «Объединенная судостроительная корпорация», которое под своим началом объединяет более 80 % российских судостроительных активов. Итогом работы корпорации в прошедшем году стало строительство 20 судов гражданского назначения, что составило примерно 62 % от общего количества переданных заказов в 2021 году. На втором месте Universal Cargo Logistics Holding, основной завод-строитель – АО «Окская судостроительная верфь» – передал заказчику 8 судов.

Значительное количество построенных судов смешанного плавания в сравнении с остальными группами обусловлено ростом грузовой базы и принятием определенных стимулирующих мер со стороны государства:

- с 2008 года работает мера господдержки по компенсированию российским транспортным компаниям и пароходствам части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских банках;

- Постановлением Правительства РФ от 27 апреля 2017 года № 502 утверждены правила предоставления субсидий из федерального бюджета на возмещение части затрат на приобретение или строительство новых гражданских судов взамен судов, сданных на утилизацию.

Конечной целью поддержки со стороны государства является загрузка российских судостроительных предприятий путем компенсирования судоходным компаниям разницы между строительством судна на российской и зарубежной верфи (выравнивание условий финансирования и стоимости строительства судна). При использовании приведенных механизмов государственной поддержки за последние 10 лет были построены практически все речные суда и суда смешанного (река – море) плавания. В среднесрочной перспективе сохранится спрос на производство речных судов и судов смешанного (река – море) плавания, объясняется это прежде всего обновлением существующего флота.

С момента вступления в силу Федерального закона от 3 июля 2016 года № 349-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» вводится новый механизм развития отрасли – квоты добычи (вылова) водных биоресурсов на инвестиционные цели, что привело к размещению на отечественных предприятиях судостроительной отрасли 68 судов рыбопромыслового флота (в том числе краболовов – 35 единиц) за период 2016–2017 годов [3]. Принятый закон дал экономический стимул рыболовецким компаниям, что в свою очередь повлияло на развитие направления нового судостроительного производства в виде освоения строительства рыбопромыслового флота. Сейчас действующая программа «инвестиционных квот» набирает обороты, крупные рыболовецкие коллективы стараются обновлять свой флот за счет строительства судов на отечественных предприятиях, что в дальнейшем даст существенную материальную выгоду. В обозримом будущем рыболовный флот должен быть практически полностью обновлен, включая флот для экспедиционной работы в удаленных районах Мирового океана. Созданные условия для стимулирования спроса на новые суда являются вариантом решения задачи пополнения флота. В этом варианте для российского судостроения открываются долгосрочные перспективы на загрузку своих мощностей производством судов рыбопромыслового флота.

Спрос на суда ледового плавания, в том числе на ледоколы, связан со стратегическими государственными задачами по обеспечению бесперебойного функционирования трассы Северного морского пути и добычей углеводородного сырья на шельфах арктических морей и круглогодичной навигации в районах Белого и Балтийского морей. Положительным фактором является рост объема перевозок на этом направлении. По данным Росморречфлота, в 2021 году объем перевозок через порты и пункты в акватории Северного морского пути составил около 33 млн тонн [4]. В этих условиях создание транспортного флота ледового плавания и обновление ледокольного флота являются одними из при-

оритетных задач отечественной судостроительной промышленности. На сегодняшний день объем грузоперевозок по Северному морскому пути достигается в основном за счет вывоза углеводородов. В акватории Северного морского пути круглогодичный вывоз углеводородов обеспечивается только в юго-западной части Карского моря. На остальных лицензионных участках Северного морского пути вывоз возможен в период летней навигации, длительность которой не превышает 3–4 месяцев, а в «холодные» годы – не более двух месяцев. Очевидно, что для достижения целевых показателей по грузообороту на Северном морском пути требуется строительство крупнотоннажных судов усиленного ледового класса, что повысит интенсивность работы транспортных судов. При этом имеющийся транспортный флот на сегодняшний день не позволяет в полной мере обеспечить транспортировку увеличивающейся с каждым годом грузовой базы.

Потребность в морских грузопассажирских судах на период до 2030–2035 годов прогнозируется в размере 38 единиц суммарным дедвейтом 26 тыс. тонн. Потребность в грузопассажирских судах-снабженцах для северного завоза составляет 4 единицы суммарным дедвейтом 46 тыс. тонн [5]. Удовлетворение существующего спроса является возможностью для отечественных судостроителей занять сегмент российского рынка в строительстве новых морских грузопассажирских судов.

Текущая ситуация в судостроительном комплексе РФ

В настоящее время в портфеле заказов отечественных судостроительных предприятий находится свыше 300 заказов на строительство судов и морской техники гражданского назначения дедвейтом свыше 1,5 млн тонн [6, 7], в том числе:

- суда технического флота – 37 ед.;
- служебно-вспомогательные суда и суда обеспечения работы портов (в том числе ледоколы) – 54 ед.;
- транспортные суда (в том числе грузовые, пассажирские, грузопассажирские) – 120 ед.;
- рыбопромысловые суда – 89 ед.;
- научно-исследовательские суда (НИС) – 8 ед.

Главные события отечественного судостроительного комплекса в 2021 году

Крупнейшие верфи Северо-Западного региона продолжают строительство рыбопромысловых судов согласно размещенным заказам. В текущем году ПАО «Адмиралтейские верфи» передаст заказчику два судна: головное и первое серийное – большие морозильные траулеры-процессоры *проекта ST-192*. Согласно контракту в последующие годы должны быть переданы еще 4 судна этого проекта. АО «Северная верфь» реализует строительство 4 ярусоловов-процессоров *проекта MT1112XL* для компании ООО РК «Вирма» и 10 траулеров-процессоров *проекта 170701* для группы компаний «НОРЕБО». Головные суда этих проектов должны быть переданы заказчику в 2022 году.

ПАО «Выборгский судостроительный завод» продолжает строительство нескольких серий рыбопромысловых судов, в общей сложности 6 судов для различных заказчиков, в том числе:

- морозильный траулер *проекта КМТ02.01 (ST-116XL)*, головное судно «Норд Пилигрим» – 1 ед.;
- морозильный траулер *проекта КМТ02.02*, головное судно «Юрий Маточкин» – 2 ед.;
- кормовой морозильный траулер *проекта КМТ 02.03*, головное судно «Братья Лаптевы» – 1 ед.;
- морозильный траулер *проекта КМТ 01* или *ST-118L*, головное судно «Баренцево море» – 2 ед. (рисунок 3).

В 2021 году заводом были успешно достроены и переданы два морозильных траулера *проекта КМТ 01* («Баренцево море» и «Норвежское море») для АО «Архангельский траловый флот», а в ближайшие годы планируется достройка двух оставшихся судов этого проекта.



Рисунок 3 – Морозильный траулер «Баренцево море», построенный на ПАО «Выборгский судостроительный завод»

В портфеле заказов ОАО «Пелла» по-прежнему находятся несколько серий рыбопромысловых судов, в том числе:

- среднетоннажный траулер *проекта 03095*, головное судно «Кастор» – 4 ед.;
- среднетоннажный морозильный траулер *проекта 1701*, головное судно «Скорпион» – 2 ед.;

- рыбопромысловое судно для ловли краба (краболов) *проекта 03070*, головное судно «Русь» – 2 ед.

АО «Балтийский завод» в 2021 году передало заказчику ФГУП «Атомфлот» первый серийный атомный ледокол «Сибирь» *проекта 22220*, заложено судно было в 2015 году (рисунок 4). Также в 2021 году состоялся гарантийный ремонт головного ледокола «Арктика» этого проекта. Ремонт заключался в замене вышедшего из строя одного из трех гребных электродвигателей, и уже сейчас судно направляется в акваторию Северного морского пути.



Рисунок 4 – Атомный ледокол «Сибирь», построенный на АО «Балтийский завод»

АО «Восточная верфь» в 2021 году подписало контракт на строительство 5 краболовов *проектов 03141 и 03140*. Суда будут эксплуатироваться в Дальневосточном бассейне, головное судно предполагается передать заказчику в 2022 году.

ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод» в 2021 году передало заказчику ФГБУ «Морспасслужба» поисково-спасательное судно арктического плавания ледового класса *Arc 5* «Пильтун» *проекта MPSV12*. Началась эксплуатация грузопассажирского парома *проекта PV22* «Павел Леонов» на линии Корсаков – Курильск – Южнокурильск – Малокурильское – Корсаков. Судно было построено на заводе летом 2021 года и предназначено для круглогодичной эксплуатации в Дальневосточном бассейне (рисунок 5).



Рисунок 5 – Грузопассажирский паром «Павел Леонов», построенный на ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод»

В конце 2021 года между заводом и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» был заключен договор на строительство двух среднетоннажных научно-исследовательских рыболовных судов для морских и океанических рыбохозяйственных исследований *проекта 17050* – «Профессор Анатолий Елизаров» и «Профессор Петр Моисеев» [8]. Продолжается достройка для ФГУП «Росморпорт» в кооперации с турецкой верфью Kuzey Star Shipyard двух паромов *проекта CNF19M* – «Маршал Рокоссовский» (рисунок 6) и «Генерал Черняховский». Суда предназначены для работы на паромной линии Усть-Луга – Балтийск. Уникальность паромов заключается в их возможности работы на двух видах топлива – сжиженном природном газе или дизельном топливе с низким содержанием серы.



Рисунок 6 – Автомобильно-железнодорожный паром «Маршал Рокоссовский», построенный на ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод»

ССК «Звезда» в сравнении с другими предприятиями отрасли обладает конкурентными возможностями строительства крупнотоннажного флота. В настоящее время в портфеле заказов предприятия находятся следующие заказы:

- танкер-газовоз СПГ ледового класса *Arc 7* – 6 ед.;
- многофункциональное судно снабжения ледового класса *Arc 7* проекта *IBSV10022* – 4 ед.;
- научно-исследовательское судно неограниченного района плавания – 2 ед.;
- танкер-афрамекс проекта *114K* – 12 ед.;
- танкер-челнок усиленного ледового класса *Arc 6* – 2 ед.;
- танкер-газовоз ледового класса *Arc 7* – 5 ед.;
- танкер-продуктовоз *tuna MR50* на СПГ – 3 ед.;
- ледокол «Лидер» проекта *10510* – 1 ед.;
- мелкосидящий ледокол проекта *22740M* – 2 ед.

В 2021 году отчетливо наметились проблемы системного характера, возникшие при строительстве новой номенклатуры судостроительного производства. В частности, при строительстве судов рыбопромыслового флота заказчики остановили свой выбор на слабо проработанных концептуальных проектах. В результате доработок и возникших корректировок проектной документации у проектантов возникала необходимость внесения существенных изменений как на стадии проектирования, так и на стадии строительства объектов. Судостроительные предприятия недооценили сложность строительства и степень насыщенности оборудованием и механизмами строящихся объектов, что естествен-

ным образом негативно сказалось на первоначально заявленных сроках изготовления судов.

Подводя итоги года по результатам построенных и переданных заказчику судов, можно констатировать, что отечественный судостроительный комплекс в полной мере ощущал негативные последствия глобального экономического кризиса, вызванного пандемией. Для отрасли судостроительного производства 2021 год по всем показателям не стал сверхрезультативным, но в то же время отрасли удалось избежать существенного спада. Ожидалось, что согласно существующему портфелю заказов ближайшие пять лет окажутся более производительными. Доля России в мировой статистике по строительству судов сохранится на прежнем уровне, однако количественный показатель возрастет в связи с переносом сроков сдачи судов за предыдущие годы. Структура номенклатуры строящегося флота будет немного видоизменяться в пользу судов ледового плавания. Более значительной в общеотраслевой статистике станет величина рыбопромыслового флота. Доля строящихся судов речного и смешанного (река – море) плавания сохранится на высоком уровне. Научно-исследовательский флот, потребность в котором составляет 52 судна [5], постепенно будет пополняться. Открытым остается вопрос строительства судов и морской техники для освоения и добычи углеводородных ресурсов на континентальном шельфе. Потребность в таких судах составляет около 170 единиц [5]. Так как основным заказчиком морской техники для обеспечения освоения и добычи углеводородных ресурсов на континентальном шельфе являются компании топливно-энергетического комплекса России, то размещение заказов на строительство будет зависеть от множества внутренних и внешних факторов, которые предсказать в настоящее время затруднительно. По-прежнему внутренний рынок останется приоритетным, необходимость обеспечения внутреннего спроса является первостепенной задачей отечественного судостроительного комплекса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аналитические материалы World Shipyard Monitor. – 2020. – V. 27. – № 8.
2. ISL Shipping Statistics and Market Review 2021 (SSMR). – V. 65. – № 2. – 72 p.
3. Татьяна Карабут. Рыбаки просят отложить строительство промыслового флота [Электронный ресурс] // Российская газета: [сайт]. URL: <https://rg.ru/2022/02/08/rybaki-prosiat-otlozhit-stroitelstvo-promyslovogo-flota.html> (дата обращения: 01.04.2022).
4. Алексей Михайлов. Перевозки по Северному морскому пути побили новый рекорд [Электронный ресурс] // Российская газета: [сайт]. URL: <https://rg.ru/2022/01/18/reg-szfo/perevozki-po-severnomu-morskomu-puti-pobili-novyj-rekord.html> (дата обращения: 01.04.2022).
5. Распоряжение Правительства РФ от 28.10.2019 № 2553-р «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года». Доступ из электронного фонда правовых и нормативно-технических документов «Консорциум Кодекс».
6. База данных Sea-Web: [сайт]. URL: <https://maritime.ihs.com/>
7. Отраслевой портал по судостроению, судоходству и судоремонту: [сайт]. URL: <https://www.korabel.ru/pulse.html>

8. На Невском ССЗ состоится церемония закладки килей научно-исследовательских судов [Электронный ресурс] // ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод: [сайт]. URL: <http://nssz.ru/novosti/2021/na-nevskom-ssz-sostoitsya-ceremoniya-zakladki-kiley-nauchno-issledovatelских-sudov.html> (дата обращения: 01.04.2022).

УДК 656.6:330

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФРАХТОВЫХ СТАВОК НА РЫНКЕ ТАНКЕРНОГО ФЛОТА

М. А. Лихачева, научный сотрудник отдела развития морского транспорта

В статье выполнены описание и анализ конъюнктуры фрахтового рынка танкерного флота в целом и по выделенным сегментам, приведены основания для дифференциации фрахтовых ставок в выделенных сегментах рынка, обозначена специфика, описана и проанализирована рыночная ситуация за период 2019–2021 годов.

Ключевые слова: морской транспорт, танкерный флот, фрахтовые ставки, тайм-чартер, конъюнктура рынка, сырая нефть, темные нефтепродукты, светлые нефтепродукты, танкеры-продуктовозы, LPG, LNG, химические грузы, химовозы.

В настоящее время, когда большая часть перспективных нефтегазовых проектов направлена на транспортировку наливных грузов морскими судами, для выбора оптимальной логистической схемы доставки груза, оценки эксплуатационных (операционных) затрат и определения себестоимости перевозки особую важность приобретает анализ фрахтового рынка танкерного флота и механизмов формирования фрахтовых ставок.

Анализ фрахтового рынка и специфика формирования ставок в общем и по сегментам позволяют оценить текущую конъюнктуру и сделать прогноз на краткосрочную и среднесрочную перспективу. Уровень фрахтовых ставок отражает рыночную конъюнктуру (наличие свободного тоннажа, спрос и предложение на груз, расстояние перевозки, направление грузопотоков и размер грузовой партии) и определяет величину расходов на фрахтование, которая является значимой частью эксплуатационных (операционных) затрат, на основании которых рассчитываются показатели экономической эффективности проекта. Морской транспорт является капиталоемкой отраслью, поэтому строительство новых судов для осуществления коммерческих проектов является целесообразным лишь в случае наличия значительных объемов перевозок либо отсутствия альтернативных типоразмеров судов на фрахтовом рынке [1].

Фрахтовый рынок характеризуется циклическими и регулярными (сезонными) колебаниями. Циклические колебания связаны с соотношением предложения, определяемого наличием флота в эксплуатации и поставок новых судов, и спроса на тоннаж; сезонные связаны с характером производства определенных видов товаров, с ростом спроса на товар либо с изменениями навигацион-

ных условий, вызванных прекращением навигации в портах и ограничениями судоходства по морским путям. Кроме этого, значительные колебания конъюнктуры фрахтового рынка могут возникать под влиянием военно-политических и социальных факторов.

Спрос на танкерные перевозки зависит от конъюнктуры на рынке энергоресурсов (в основном сырой нефти и нефтепродуктов), наличия перерабатывающих мощностей и хранилищ, экономической ситуации на мировых и региональных рынках, конкуренции со стороны других видов транспорта.

Предложение на танкерном рынке зависит от темпов и объемов поставок новых судов, коэффициента утилизации возрастного тоннажа, конверсии существующего флота, изменений в сфере регулирования отрасли.

Фрахтование танкерного флота осуществляется по тайм-чартеру (на определенный срок) или по спот-чартеру (на рейс). Конъюнктура рынка по фрахтованию танкерного флота оценивается не только в целом, но и дифференцированно: по типу перевозимого груза, дефвейтным группам, классам и типоразмерам судов.

По типу перевозимого груза танкерный флот подразделяется следующим образом:

- танкеры для перевозки сырой нефти и темных нефтепродуктов;
- танкеры для перевозки светлых нефтепродуктов (танкеры-продуктовозы);
- танкеры-химовозы;
- танкеры для перевозки сжиженных газов (танкеры-газовозы).

Распределение и динамика мирового флота танкеров по типу перевозимого груза представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Динамика структуры танкерного флота по типу перевозимого груза в 2017–2021 годах

По данным Clarkson Research Service Limited на 1 января 2021 года, основную долю танкерного флота составляют танкеры для перевозки сырой нефти – 58 %, продуктово­зы – 15 %, танкеры для перевозки сжиженных газов (LPG и LNG) – 10 %, а химовозы – 17 % [2, 3].

Танкеры для перевозки сырой нефти и темных нефтепродуктов (DPP – Dirty Petroleum Products) перевозят нефть, мазут, вакуумный газойль или темный конденсат. Танкеры-продукто­зы для перевозки светлых нефтепродуктов (CPP – Clean Petroleum Products) перевозят легкие фракции нефти, такие как бензин, средние дистилляты и нафту. Танкеры-продукто­зы также могут перевозить большинство типов темных нефтепродуктов, однако танкеры, предназначенные для транспортировки DPP, не могут использоваться для транспортировки CPP [4].

Танкеры-химовозы предназначены для перевозки промышленных химикатов (перечень приведен в Международном кодексе постройки и оборудования судов, перевозящих опасные химические грузы наливом, глава 17), а также других грузов, требующих высокой степени очистки танков, как, например, растительные масла. Суда дифференцируются в зависимости от класса опасности перевозимого груза. Танкеры-химовозы могут использоваться для перевозки нефтепродуктов, и наоборот, танкеры-продукто­зы могут перевозить химические грузы при наличии сертификата пригодности CoF (Certificate of Fitness) Международной морской организации (ИМО).

Танкеры-газовозы используют для перевозки сжиженных газов: сжиженного природного газа (СПГ; LNG – Liquefied Natural Gas) и сжиженного углеводородного газа (СУГ; LPG – Liquefied Petroleum Gas). Среди газовозов LPG для целей фрахтования выделяют газовозы рефрижераторного и полурефрижераторного типа (SR – Semi-refrigerated), а также танкеры-этиленовозы (ETH – Ethylene). Газовозы рефрижераторного типа предназначены для перевозки СУГ при низкой температуре и атмосферном давлении. Конструкция грузовых танков и системы охлаждения газовозов полурефрижераторного типа позволяет перевозить СУГ при давлении от 4 до 8 бар и температуре груза от 0 °С до –48 °С. Танкеры-этиленовозы перевозят грузы от 0 °С до минус 104 °С и давлении до 6 бар, могут быть использованы для перевозки СУГ и химических грузов [5]. Танкеры LNG дифференцируются в зависимости от типа двигателя, установленного на судне: XDF (двухтактный двигатель, впрыск газа среднего давления), MEGI (низкоскоростной двухтактный двигатель, впрыск газа высокого давления), TFDE (дизельный двигатель, работающий на трех видах топлива), паровая турбина [6].

По классам в зависимости от главных размерений на рынке перевозок сырой нефти и темных нефтепродуктов выделяют следующие типы танкеров [7]:

- Aframax – дедвейт 85–125 тыс. тонн; главные размерения позволяют заходить в основные порты и проходить подходные каналы (классификация танкеров Shell oil 1954 года);
- Suezmax – дедвейт 125–200 тыс. тонн; главные размерения позволяют проходить Суэцкий канал;
- VLCC (Very Large Crude Carrier) – дедвейт 200–320 тыс. тонн; главные размерения позволяют проходить Малаккский пролив;
- ULCC (Ultra Large Crude Carrier) – дедвейт более 320 тыс. тонн.

В сегменте перевозок светлых нефтепродуктов в зависимости от дедвейта различают [7]:

- малотоннажные – GP (General Purpose), дедвейт до 10–25 тыс. тонн;
- среднетоннажные – Handy, дедвейт 25–45 тыс. тонн, MR (Medium Range), дедвейт 40–55 тыс. тонн;
- крупнотоннажные – LR1(Long Range 1), дедвейт 55–85 тыс. тонн, LR2 (Long Range 2), дедвейт 85–125 тыс. тонн.

В сегменте перевозок СУГ выделяют танкеры по группам грузоподъемности [7]:

- малой вместимости – SGC (Small Gas Carrier), Coasters 5–20 тыс. м³;
- средней вместимости – MGC (Medium Gas Carrier), Handysize 20–45 тыс. м³;
- большой вместимости – LGC (Large Gas Carrier), VLGC (Very Large Gas Carrier), более 60 тыс. м³.

Фрахтовые ставки на рынке газозовов LNG дифференцируются по направлению перевозок:

- тихоокеанское направление – на восток от Суэцкого канала;
- атлантическое – на запад от Суэцкого канала.

Фрахтовый рынок танкеров для перевозки нефти и нефтепродуктов в 2019–2021 годах

Фрахтовый рынок в указанном сегменте помимо сезонного и геополитического фактора находится под влиянием решений Организации стран – экспортеров нефти (ОПЕК; The Organization of the Petroleum Exporting Countries; англ. ОПЕС). В соответствии со своим Уставом миссией ОПЕК является координация и унификация нефтяной политики ее стран-членов и обеспечение стабилизации нефтяных рынков для обеспечения эффективных, экономичных и регулярных поставок нефти [8].

ОПЕК была основана после подписания соглашения в сентябре 1960 года пятью странами: Ираном, Ираком, Кувейтом, Саудовской Аравией и Венесуэлой. Страны – члены ОПЕК контролируют около 2/3 мировых запасов нефти. На их долю приходится примерно 35 % от всемирной добычи и половина мирового экспорта нефти. В настоящее время насчитывается в общей сложности 13

стран-членов. С 2016 года действует формат ОПЕК+, когда в обсуждении о сокращении добычи нефти участвуют все страны ОПЕК и другие страны-экспортеры, не являющиеся членами ОПЕК, такие как Россия, Казахстан и Азербайджан [8].

В 2020 году рынок под действием негативного влияния падения спроса на нефть и нефтепродукты, а также карантинных ограничений на фоне пандемии COVID-19 характеризовался высокой волатильностью. В марте 2020 года в результате неудачи на переговорах членов группы ОПЕК+ по сокращению добычи нефти увеличилась ее добыча, что на фоне падения спроса привело к формированию суперконтанго¹. Подобная ситуация на рынке спровоцировала спекулятивный спрос на перевозки и хранение дешевой нефти, что привело к скачку спотовых фрахтовых ставок по всем типоразмерам нефтяных танкеров, а затем и к росту ставок по договорам тайм-чартера [9, 10].

Ситуация на рынке перевозок нефтепродуктов тесно связана с ситуацией в сегменте перевозок сырой нефти, так как некоторые нефтеналивные танкеры потенциально способны перевозить темные и светлые нефтепродукты, а танкеры-продуктовозы могут перевозить сырую нефть. Сначала рост тайм-чартерных ставок затронул перевозки сырой нефти, за которыми вскоре последовали перевозки нефтепродуктов. При этом наибольший всплеск произошел на рынке перевозок по договорам на год. Максимальные значения ставок в сегменте перевозок сырой нефти (VLCC, Suezmax, Aframax) были достигнуты в период с марта по май 2020 года, в сегменте перевозок нефтепродуктов (LR2, LR1, MR) – в марте – июне. По договорам на трехлетний срок также было отмечено резкое и при этом более длительное и равномерное повышение, тем не менее последующее падение стало более сильным и резким [10, 11].

Нефтяные трейдеры фрахтовали танкеры для хранения дешевой сырой нефти, тем самым уменьшая доступность судов для перевозки и поддерживая высокий уровень ставок на танкеры: Aframax – 33,0–35,5 тыс. долл./сут; Suezmax – 47,5–53,5 тыс. долл./сут; VLCC – 80,0 тыс. долл./сут [10, 12, 13].

Достигнутые в апреле договоренности в рамках ОПЕК+ по сокращению добычи нефти привели к умеренному росту цен на нефть и нефтепродукты, сокращению спроса на перевозку и избытку тоннажа во втором квартале 2020 года, в результате этого фрахтовые ставки опустились на минимальный уровень доходности к концу полугодия.

С учетом пиковых значений, наблюдавшихся в марте-апреле 2020 года, среднее значение индекса ClarkSea компании Clarksons в отчетном периоде составило 24 249 долл./сут, превысив средний показатель за 30 лет (20 781 долл./сут) [9].

¹ Суперконтанго – ситуация, при которой биржевая цена фьючерса в будущем или отдаленном будущем значительно выше, чем его текущая цена при немедленном выкупе или ближайшем будущем.

В III и IV кварталах 2020 года конъюнктура фрахтового рынка оставалась слабой на фоне сокращения спроса на нефть (относительно уровня 2019 года), что привело к дальнейшему падению фрахтовых ставок до конца отчетного периода [9].

С достижением баланса спроса и предложения на рынке нефтепродуктов спрос на нефтепродуктовый тоннаж также упал на фоне сокращения объема перевозок, вызванного влиянием сезонных факторов и последствий пандемии COVID-19, при этом фрахтовые ставки к концу полугодия снизились до минимального уровня доходности для судовладельца и оставались на низком уровне в течение III и IV кварталов 2020 года [9].

В 2021 году ставки продолжили равномерно снижаться и по тайм-чартерным договорам на год в среднем за расчетный период (январь – декабрь 2021 года) составили:

Aframax – 16,2 тыс. долл./сут;

Suezmax – 18,0 тыс. долл./сут;

VLCC – 24,0 тыс. долл./сут;

MR – 12,3 тыс. долл./сут;

Handy – 11,1 тыс. долл./сут;

LR1 – 13,8 тыс. долл./сут;

LR2 – 17,1 тыс. долл./сут [13].

Динамика ставок по тайм-чартеру (1 год и 3 года) на танкеры для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов по различным типоразмерам и тоннажным группам на период с января 2019 года по декабрь 2021 года представлена на рисунках 2 и 3.

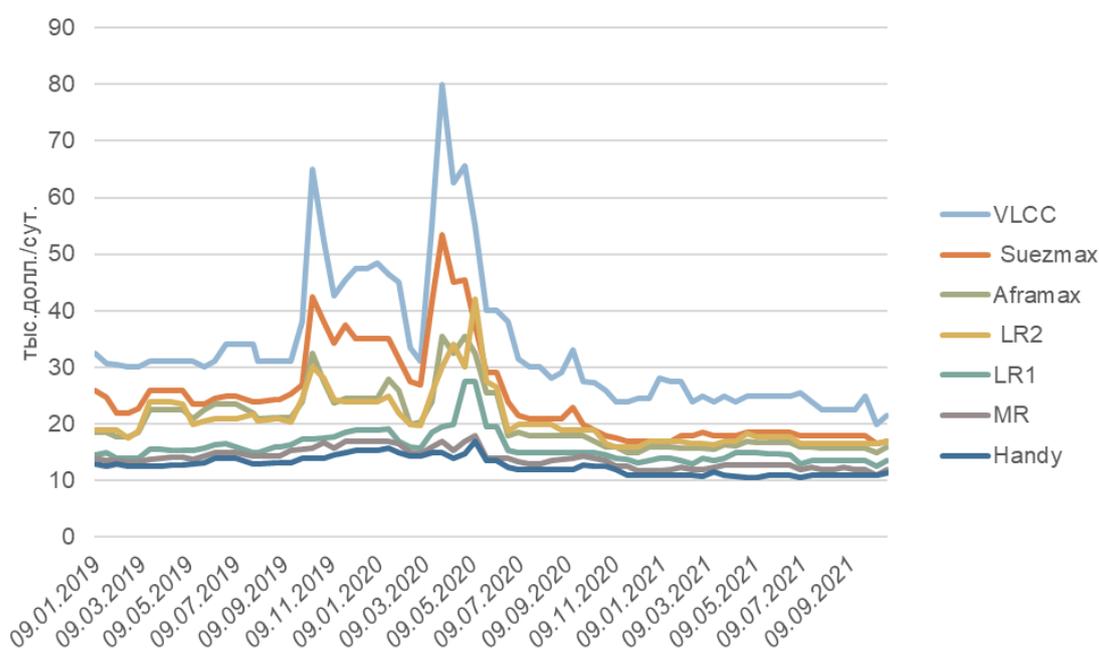


Рисунок 2 – Динамика ставок по тайм-чартеру (1 год) на танкеры для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов по различным типоразмерам и дедвейтным группам в 2019–2021 годах

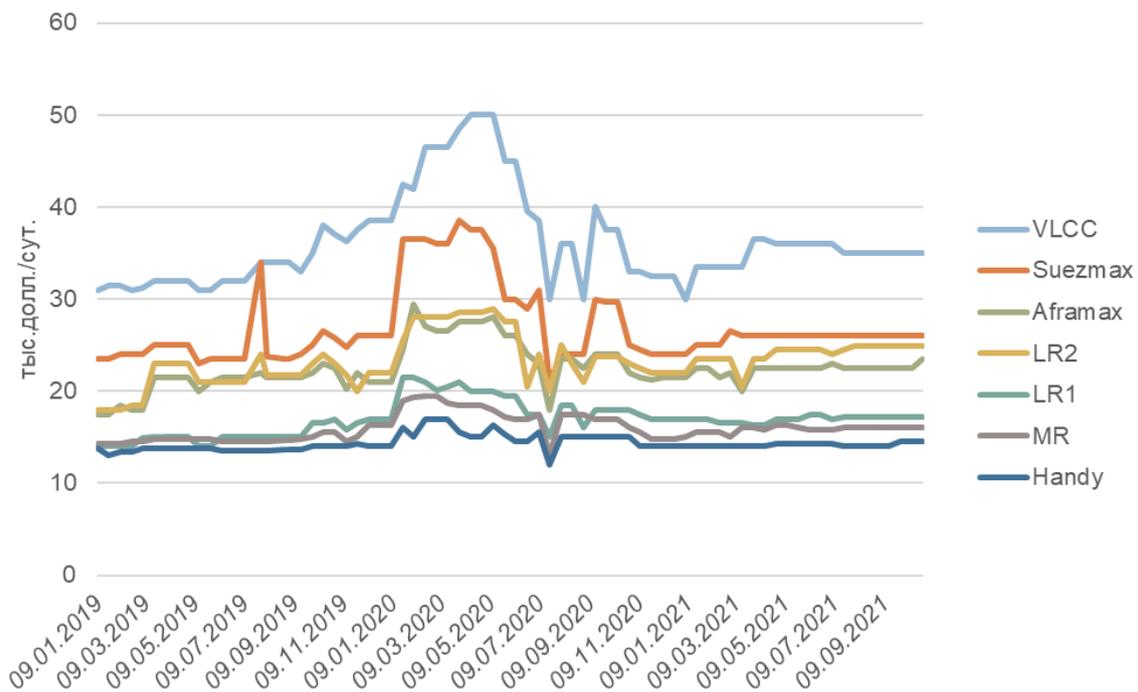


Рисунок 3 – Динамика ставок по тайм-чартеру (3 года) на танкеры для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов по различным типоразмерам и дедвейтным группам в 2019–2021 годах

Средневзвешенные ставки годового тайм-чартера в 2020 году незначительно выросли по сравнению с 2019 годом. В 2021 году падение составило от 17 % до 37 % в зависимости от типоразмера фрахтуемого судна. Средневзвешенные ставки тайм-чартера на три года в 2021 году упали по сравнению с 2020 годом на 3–13 % в зависимости от типоразмера фрахтуемого судна, тем не менее превысив уровень 2019 года. Динамика средневзвешенных ставок по тайм-чартеру (1 год) на танкеры для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов по различным типоразмерам и тоннажным группам на период с 2011 по 2021 год представлена на рисунке 4 [9, 11, 15, 16].

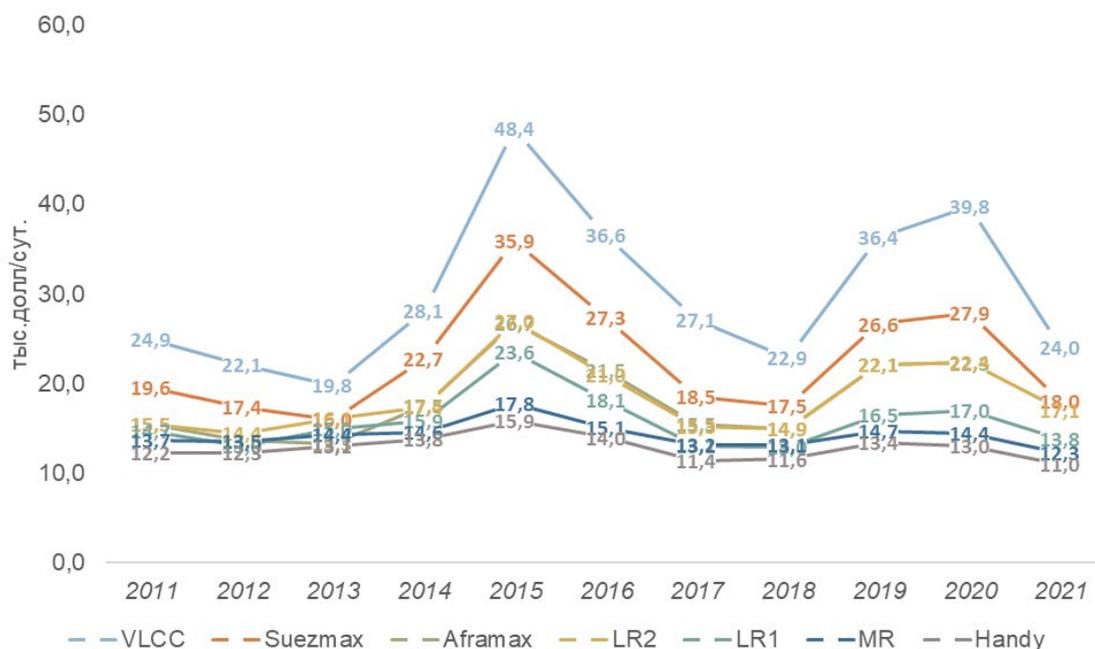


Рисунок 4 – Динамика средневзвешенных ставок по тайм-чартеру (1 год) на танкеры для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов по различным типоразмерам и дедвейтным группам в 2011–2021 годах

Дифференциация уровня фрахтовых ставок на танкерном рынке выражена в зависимости от срока фрахтования и типоразмера судна (рисунок 5).

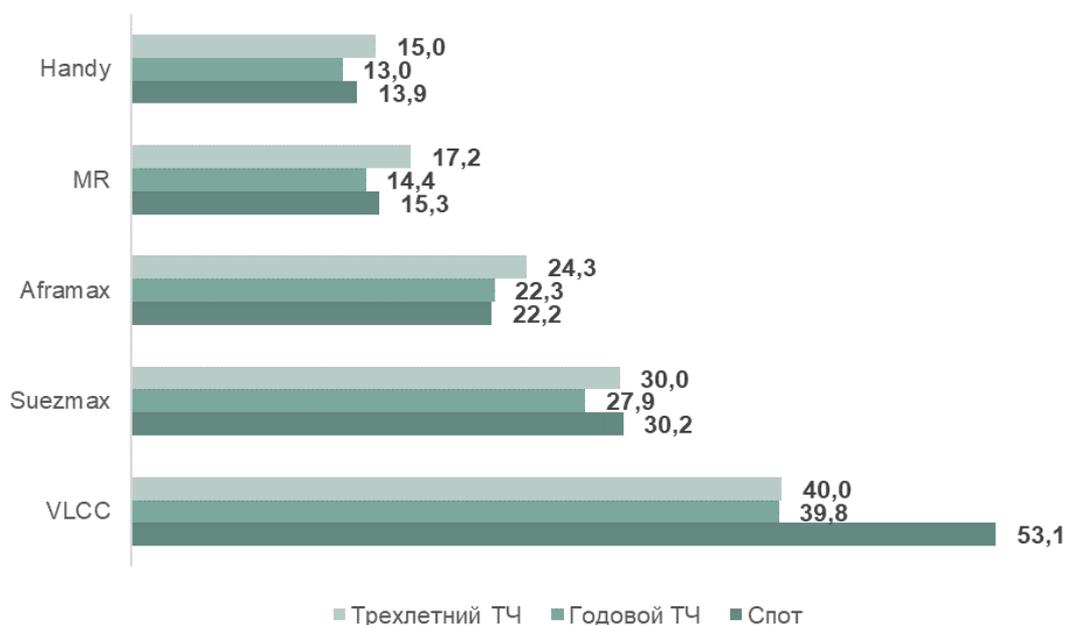


Рисунок 5 – Уровень ставок в сегменте танкеров для перевозок сырой нефти и нефтепродуктов по типоразмеру в зависимости от срока фрахтования в 2020 году

Динамика уровня спотовых ставок по типоразмеру танкеров в 2019–2020 годах представлена на рисунке 6 [11, 15].

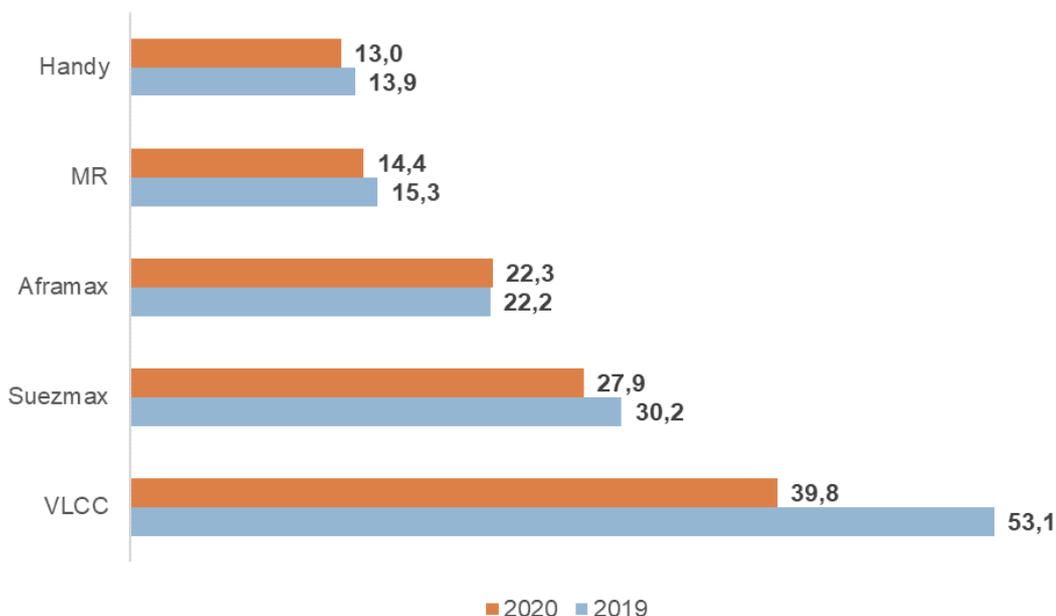


Рисунок 6 – Динамика уровня спотовых ставок по типоразмеру танкеров для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов в 2019–2020 годах

Спотовый рынок менее всего поддается прогнозированию, так как сильнее всего отражает рыночную ситуацию на текущий момент времени и подвержен влиянию большего числа факторов.

Влияние COVID-19 на энергетический сектор и, следовательно, на морское судоходство, а также перспективы отказа от нефти в энергетике взаимосвязаны и подвержены огромной неопределенности в краткосрочной перспективе. По данным брокерской компании Fearnleys, 2021 год начался с падения ставок, и впервые за многие годы сделки закрывались с отрицательной прибылью. В дальнейшем ставки по договорам тайм-чартера на год продолжили равномерное снижение [14, 17].

Фрахтовый рынок танкеров для перевозки LPG в 2019–2021 годах

В период с 2018 по 2020 год спрос и предложение на рынке LPG были сбалансированы. Тем не менее в 2019 году направления основных грузопотоков диктовались геополитикой, торговыми войнами и санкциями. В 2019 году объем экспорта LPG из США увеличился и достиг 1,8 млн баррелей в сутки, что более чем вдвое превышает объем за четыре года до этого, несмотря на то что китайские фрахтователи продолжали избегать американского LPG. Ранее Китай закупал значительную долю растущего экспорта LPG из США, однако ситуация изменилась ввиду эскалации торговой войны между сторонами, в результате которой были повышены пошлины на импорт американских бутана и пропана. Таким образом, экспортерам LPG из США пришлось работать над поиском новых рынков сбыта с последующим увеличением потоков в Европу, Западную Африку и страны Азии. Китай в свою очередь продолжал расширять свои

нефтехимические мощности, быстро увеличив импорт LPG из Ирана на 30 %, так что к концу года он достиг 150 тыс. баррелей в сутки. Этому способствовали иранские поставщики, агрессивно продвигающие LPG по ценам ниже сопоставимых ближневосточных поставок в связи с санкциями США в отношении Ирана [21].

Производство и экспорт LPG из Саудовской Аравии были прерваны сентябрьским нападением на нефтеперерабатывающий завод в Абкайке. Между тем предложение из других стран ОПЕК, таких как Алжир, было уменьшено как следствие ограничения поставок нефти. Еще одним заметным изменением на рынке стало появление Канады в качестве экспортера LPG. Завершение строительства экспортного терминала пропана на острове Ридли в Британской Колумбии позволило получить доступ к прибыльным рынкам Тихоокеанского бассейна и снизить влияние рынка США [21].

В 2020 году, несмотря на негативные последствия пандемии COVID-19, объемы торговли LPG незначительно увеличились – с 114,8 млн тонн в 2019 году до 115,2 млн тонн. Объем экспорта LPG из стран Ближнего Востока снизился примерно на 5,8 % в 2020 году и составил 37,2 млн тонн по сравнению с 39,5 млн тонн в 2019 году отчасти из-за ограничительной политики ОПЕК. С другой стороны, США увеличили экспорт LPG на 15,4 % – до 45,9 млн тонн и закрепили за собой статус ведущего мирового экспортера отрасли [10, 18].

Объем экспорта из США превысил совокупный общий экспорт из основных стран-конкурентов – ОАЭ, Катара, Саудовской Аравии и Алжира. Спрос на морскую перевозку LPG стабильно растет с 2012 года, что было вызвано увеличением добычи на сланцевых месторождениях в США. Рост объемов экспорта LPG из США связан с расширением инфраструктуры компаний Enterprise, Targa и Lone Star в районе Хьюстона [10, 12].

Китай остается крупнейшим мировым импортером LPG. В 2020 году объем его импорта составил 20,8 млн тонн, что на 4,3 % больше, чем в 2019 году. Ожидалось, что в 2021 году спрос в Китае будет продолжать расти, в основном за счет расширения мощностей по производству пропана и нефтехимического крекинга¹. С другой стороны, эксперты прогнозировали продолжение снижения роста объемов азиатского импорта в краткосрочной и среднесрочной перспективе, которое началось в 2020 году вследствие гармонизации рынка [10, 17, 18].

В первые два месяца 2021 года спрос на перевозки LPG быстро рос как следствие сочетания благоприятной цены LPG (США – Азия) и холодной погоды в Азии. Однако в марте объемы перевозок упали на 15 % из-за дефицита грузов. Предполагалось, что Китай увеличит свою зависимость от американского LPG в результате освобождения Китая от пошлин США, что будет сти-

¹ Нефтехимический крекинг – высокотемпературная переработка нефти и ее фракций с целью получения сырья для нефтехимической промышленности.

мулировать увеличение объема морских перевозок, но этого не произошло. На рост торговли LPG оказывают негативный эффект продолжающееся сокращение добычи нефти ОПЕК+ и замедление роста добычи нефти в США. Кроме того, на рынок существенно влияет его ограниченность, связанная с небольшим числом стран-участников (экспортеров/импортеров; грузоотправителей/грузополучателей), что увеличивает риск больших колебаний фрахтовых ставок [10, 17, 18].

В ближайшем будущем рынок LPG может претерпеть значительные изменения из-за ввода в эксплуатацию большей части флота. В 2021 году увеличение провозной способности составило 2 млн м³ (что эквивалентно 6 % флота), а в 2022 году – еще 2,3 млн м³ (5 % флота), в частности в секторе крупнотоннажных танкеров. Переизбыток флота может создать жесткую конкуренцию на рынке в краткосрочной перспективе. Поведение инвесторов свидетельствует о сильной уверенности в будущем росте на рынке перевозок LPG, однако фрахтовые ставки будут иметь высокую волатильность в ближайшие несколько лет обновления флота [17, 18].

VLGC/LGC

Динамику фрахтовых ставок по основным направлениям перевозок отражают индексы Балтийской биржи¹ (рисунок 7). В 2020 году можно было наблюдать волатильность на рынке перевозок в сегменте VLGC: фрахтовая ставка на направлении с Ближнего Востока в Японию (индекс BLPG1) в июне упала до минимума – чуть менее 24 долл./т, а затем в декабре подскочила до рекордного за год значения – 110 долл./т. Тем не менее среднегодовой уровень около 58 долл./т практически не изменился с 2019 года [10, 19].

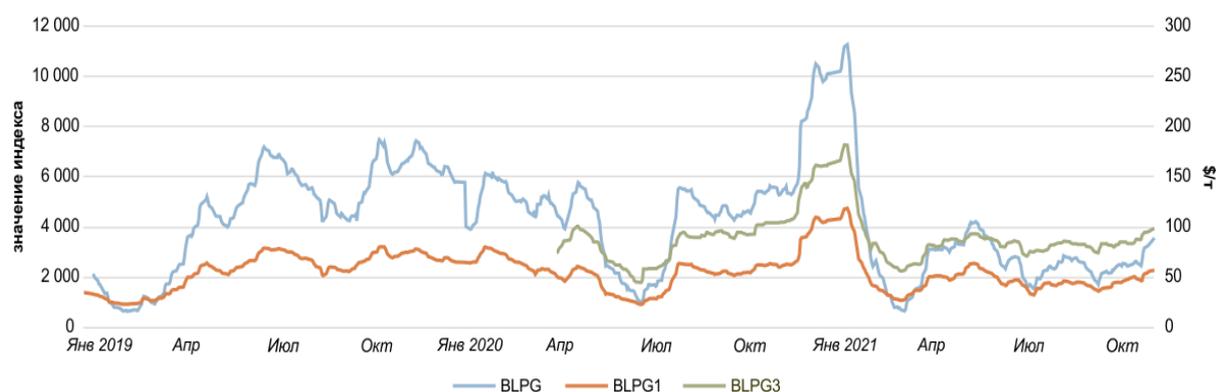


Рисунок 7 – Динамика индексов Балтийской биржи в сегменте LPG в 2019–2021 годах

В конце года фрахтовые ставки на направлении из США в Японию (индекс BLPG3) достигли максимума в 163,5 долл./т в результате задержек транзита через Панамский канал. Некоторым судам потребовалось 13 суток для пере-

¹ *Baltic Exchange* – товарная и фрахтовая биржа, существующая с 1744 года и действующая как независимый глобальный рынок по заключению брокерских контрактов на морские перевозки в различных сегментах.

хода через канал по сравнению с обычными двумя. В результате многие судовладельцы предпочли изменить маршрут в Азию и пойти через мыс Доброй Надежды, что увеличило продолжительность рейсов еще на 12 суток и привело к ограничению количества доступных судов в Мексиканском заливе и на Ближнем Востоке [10, 14].

Данная ситуация стала одним из факторов, способствовавших увеличению тайм-чартерных ставок на суда VLGC. Планомерный рост начался в конце II квартала с 10 тыс. долл./сут до 100 тыс. долл./сут в конце 2020 года, впервые с 2015 года. Еще одним фактором, ограничивающим доступность тоннажа, стало докование большего числа судов для специального освидетельствования. В то же время сегмент перевозок LGC продемонстрировал умеренный рост в течение 2020 года, и в среднем суда фрахтовались на уровне 32 тыс. долл./сут [11, 10, 14].

Тайм-чартерные ставки VLGC оставались на максимальных уровнях в начале 2021 года, превысив в три раза значения, достигнутые на те же даты в 2020 году: 107 тыс. долл./сут против 36 тыс. долл./сут соответственно. Фрахтовая ставка на направлении с Ближнего Востока в Японию (индекс VLPG1) достигла отметки в 174 долл./т, а на направлении из США в Японию (индекс VLPG3) – 117 долл./т. Однако ледяной шторм в конце февраля в Техасе привел к перебоям в доставке грузов и, следовательно, к существенному падению ставок. Тайм-чартерные ставки упали до уровня 9 тыс. долл./сут. В апреле ситуация начала выправляться, и в среднем ставки установились на уровне 34 тыс. долл./сут. Динамика фрахтовых ставок в сегменте танкеров LPG по различным группам грузоподъемности судов с января 2019 года по декабрь 2021 года представлена на рисунке 8 [10, 14, 19].

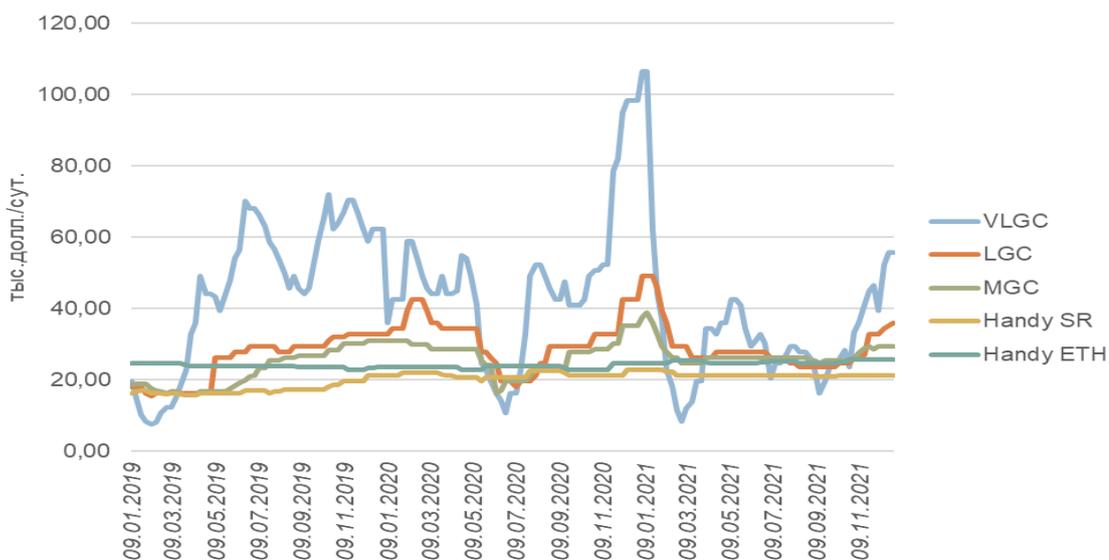


Рисунок 8 – Динамика ставок фрахта в сегменте LPG-танкеров в 2019–2021 годах

Рыночная ситуация в сегменте VLGC в основном зависит от объемов экспорта США и импорта в Азию. Сбои в цепочке поставок могут создать высокую волатильность. Кроме того, свою роль играет возвращение судов после запланированных ремонтов. Рынок перевозок LGC не так сильно был подвержен волатильности, несмотря на резкий рост в январе до отметки на уровне 50 тыс. долл./сут, и в целом продемонстрировал умеренное падение ставок в течение 2021 года по сравнению с 2020 годом. В среднем за год суда фрахтавались на уровне 29 тыс. долл./сут [10, 11, 14].

MGC/Handysize

Спрос на танкеры LPG средней вместимости вырос в результате ограничения доступности тоннажа VLGC. Соответственно был отмечен рост ставок в сегменте MGC, и в среднем тайм-чартерная ставка достигла уровня 27 тыс. долл./сут в 2020 году по сравнению с 22 тыс. долл./сут в 2019 году. На рынке перевозок Handysize также отмечался рост, но в меньшей степени, тем не менее ставки были зафиксированы в среднем на уровне 21–22 тыс. долл./сут. Подобный рост был достигнут также благодаря увеличению объемов торговли нефтехимической продукцией в связи с увеличением экспорта этилена из США [10, 11, 14].

В 2021 году сегмент MGC отреагировал на ситуацию в смежных сегментах VLGC/LGC и продемонстрировал рост, достигнув значения ставки 39 тыс. долл./сут в январе. В дальнейшем рынок достиг баланса, и в среднем суда фрахтавались на уровне 27 тыс. долл./сут. В сегменте Handysize отмечается незначительный рост по сравнению с 2020 годом. В среднем суда полурефрижераторного типа фрахтавались на уровне 22 тыс. долл./сут, суда этиленовозы – на уровне 25 тыс. долл./сут [14].

Фрахтовый рынок танкеров для перевозок LNG в 2019–2021 годах

Рост объема мощностей по сжижению газа – около 70 млн тонн в год по проектам в США, России, Мозамбике и Нигерии – достиг рекордного уровня в 2019 году. Предложение LNG увеличилось более чем на 40 млн тонн (+13 %) по сравнению с 2018 годом и достигло 355 млн тонн. Рост был в основном обусловлен увеличением экспорта LNG из стран Персидского залива США, который достиг 37 млн тонн в год, а также наращиванием проектов в России. Ожидалось, что 2020 год будет также отмечен рекордным наращиванием мощностей. Тем не менее в связи с падением цен на нефть и газ, а также из-за возросшей неопределенности в отношении будущего спроса на фоне пандемии эти ожидания не оправдались. Проекты суммарной мощностью 170 млн тонн в год, находящиеся на стадии принятия окончательных инвестиционных решений, были отложены, и ни один из крупных проектов не получил зеленый свет. Несмотря на многочисленные отмены рейсов в первой половине 2020 года, после небольшого снижения торговля LNG остается близкой к допандемийному

уровню. Так, в течение 2020 года на борт газовозов было загружено более 362 млн тонн LNG и осуществлено 5424 рейса [10, 20].

Необходимо также отметить планомерный рост спотовых продаж и поставок по краткосрочным контрактам, доля которых в 2019 году составляла 34 %, а в 2020 году достигла 40 % от общего объема торговли, или 142,5 тонн LNG [20]. Это связано, прежде всего, с наращиванием «гибких» объемов из США и России, а также перепродажей трейдерами контрактов с разными сроками действия. Как правило, трейдерами выступают крупные нефтегазовые компании, владеющие или оперирующие собственным танкерным флотом, такие как Qatargas, ПАО «Газпром», ПАО «Новатэк» и другие. Несмотря на то что большинство судов осуществляют перевозки по долгосрочным чартерным контрактам, трейдеры и нефтяные компании все чаще фрахтуют суда на спотовом рынке.

Колебания фрахтовых ставок на рынке танкеров LNG носят, как правило, сезонный характер. В январе 2019 года фрахтовые ставки продолжили снижение, которое началось в конце ноября, и находились на уровне 100 тыс. долл./сут на танкеры LNG с двигателем MEGI и 80–85 тыс. долл./сут на суда с двигателем TFDE (без учета дополнительных надбавок, таких как балластный бонус¹), что предотвратило существенное сокращение тоннажного предложения. В марте 2019 года фрахтовые ставки достигли минимального уровня в 40 тыс. долл./сут. Хотя количество рейсов увеличилось в марте и апреле, большинство из них были краткосрочными (в среднем около 15 суток), что предотвратило значительное сокращение предложения тоннажа. В результате фрахтовые ставки и уровень балластных бонусов остались неизменными по обе стороны Суэцкого канала [21].

На спотовом рынке спрос на перевозки неуклонно рос с наступлением весны, и фрахтователи пытались воспользоваться низкими спотовыми ставками, обеспечив тоннаж на предстоящую зиму. Во II квартале спотовый рынок начал набирать обороты благодаря повышенной активности на фоне более высокого ценового спреда между рынками LNG Азии и Северо-Западной Европы. Увеличение количества спотовых сделок в апреле начало вытеснять некоторые суда со спотового рынка, уменьшая возможности субаренды портфельных игроков. В связи со снижением доступного тоннажа на рынке к концу мая чартерные ставки начали стабильно расти. К началу октября уровень ставок достиг 130 тыс. долл./сут на тихоокеанском и атлантическом направлениях [21]. Средневзвешенные спотовые ставки в 2019 году составляли на атлантическом направлении – 62 тыс. долл./сут, на тихоокеанском направлении –

¹ Балластный бонус (ballast bonus) – дополнительная единовременная сумма, которую фрахтователь соглашается перечислить судовладельцу сверх арендной платы при фрахтовании в тайм-чартер, если судну предстоит значительный балластный переход из последнего порта выгрузки в пункт приемки в тайм-чартер.

71 тыс. долл./сут. Средневзвешенная ставка по договору тайм-чартера на год составила 80 тыс. долл./сут, при этом минимальное значение было достигнуто в конце апреля – 68 тыс. долл./сут, максимальное – в начале января – 93 тыс. долл./сут [14].

В начале 2020 года рынок перевозок LNG демонстрировал аналогичную с 2019 годом картину: цены упали в среднем с 90 тыс. долл./сут в начале года до 35 тыс. долл./сут в марте. Разница между ставками на суда с различными типами двигателя TFDE и ST связана не только с размером судна. Более современные суда TFDE имеют меньший расход топлива и лучшую изоляцию грузовых танков. Это снижает количество топлива, используемого для движения и охлаждения груза, что делает длительную перевозку дешевле [10, 22].

Во II квартале ставки на суда TFDE снизились до минимальных значений в 30 тыс. долл./сут в июне-июле на тихоокеанском направлении и до уровня 30–33 тыс. долл./сут на атлантическом направлении. Ставки на суда XDF колебались, оставаясь на уровне 30 тыс. долл./сут. Фрахтование судов с паровыми турбинами в среднем стоило около 20 тыс. долл./сут. Ставки упали, в то время как доступность судов была ограничена. В этот период рынок ожидал отмены от 30 до 40 рейсов в месяц. Кроме того, опасения по поводу пандемии COVID-19 и ее воздействия на состояние и состав экипажей судов, доступ к портам и логистические цепочки вынудили фрахтователей ставить в доки больше судов, чем требуется. Отложенные и отмененные рейсы привели к тому, что грузоотправители отменили поставки за несколько месяцев, оставив эти суда доступными для субаренды. Ставки выросли в IV квартале и достигли годового максимума в середине декабря, составив 150 тыс. долл./сут на атлантическом направлении и 116 тыс. долл./сут на тихоокеанском направлении [10].

Задержки при прохождении Панамского канала вынуждали судовладельцев обходить мыс Доброй Надежды, чтобы добраться до стран Азии, основного импортера LNG. Соответственно средняя продолжительность рейса увеличилась на 8 % в 2020 году по сравнению с 2019 годом. В декабре на рынке не было доступных танкеров LNG; только те, которые сдавали в субаренду фрахтователи, которые хотели оптимизировать свои доходы. Перевозки из Европы в Азию осуществлялись, как только появлялись доступные суда, так как окно арбитража (разница в цене) оставалось широко открытым. Кроме того, даже при высокой стоимости доставки арбитраж в Азию сделал это экономически выгодным. Подобная ситуация на рынке сохранялась до начала 2021 года [10].

Средневзвешенные спотовые ставки в 2020 году в сегменте LNG составляли на атлантическом направлении – 60 тыс. долл./сут, на тихоокеанском направлении – 62 тыс. долл./сут. Средневзвешенная ставка по договору тайм-чартера на год составила 52 тыс. долл./сут.

В 2021 году можно было наблюдать повторение сценария 2019–2020 годов, но на более высоком уровне ставок, так как происходило постепенное восстановление рынка после пандемии. С января началось падение на спотовом рынке, наименьшие значения были достигнуты в марте на атлантическом и тихоокеанском направлениях – 30 тыс. долл./сут. Постепенный рост начался в июле, достигнув максимальных значений в конце ноября на атлантическом направлении – 200 тыс. долл./сут, на тихоокеанском направлении – 260 тыс. долл./сут, далее началось снижение. Средневзвешенные спотовые ставки в 2021 году составляли на атлантическом направлении – 93 тыс. долл./сут, на тихоокеанском направлении – 90 тыс. долл./сут. Средневзвешенная ставка по договору тайм-чартера на год составила 78 тыс. долл./сут [14].

Динамика фрахтовых ставок в сегменте LNG с января 2019 года по декабрь 2021 года представлена на рисунке 9 [14].

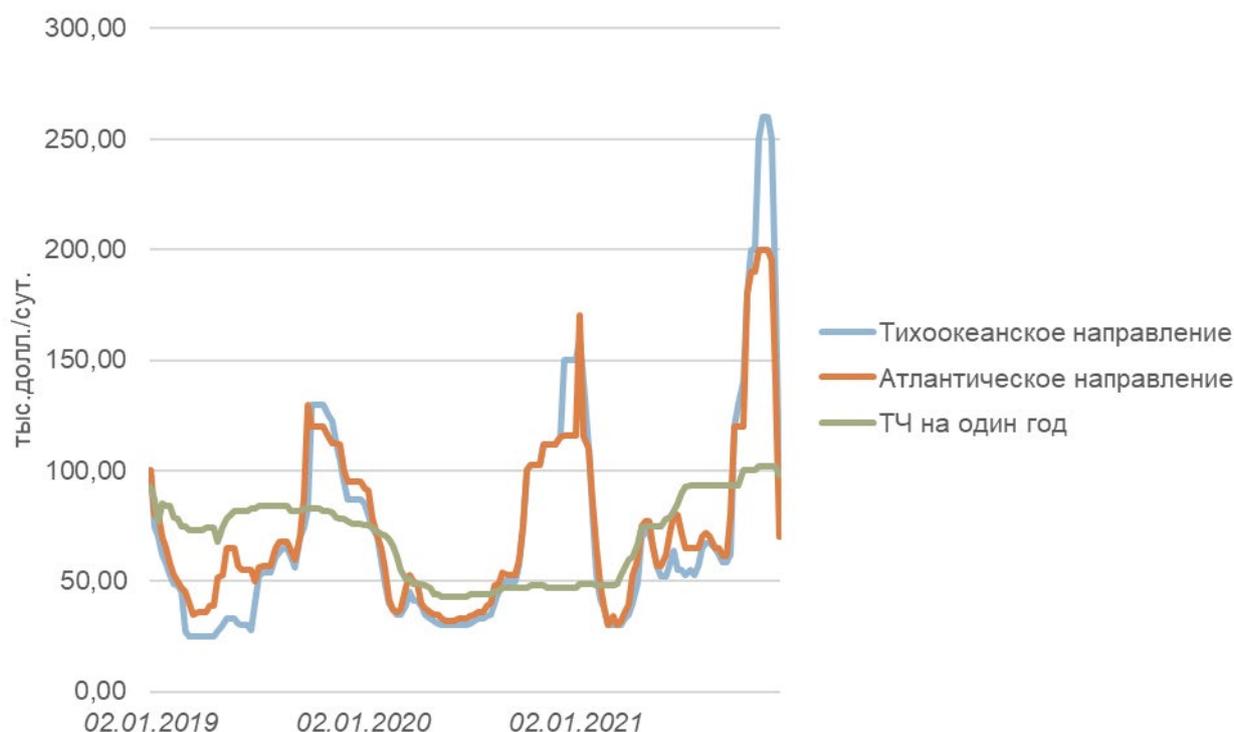


Рисунок 9 – Динамика фрахтовых ставок в сегменте танкеров LNG в 2019–2021 годах

В течение 2021 года наблюдались восстановление фрахтового рынка после пандемии COVID-19, увеличение доли спотовых перевозок и рост среднего уровня спотовых и годовых тайм-чартерных ставок на 51 %. Колебания на рынке носили по большей части сезонный характер.

Фрахтовый рынок химовозов в 2019–2021 годах

На рынке танкеров-химовозов в 2019 году наблюдался переизбыток предложения тоннажа. Несмотря на положительное влияние сокращения поставок

новых судов в течение года, общая ситуация характеризовалась дисбалансом между спросом и предложением.

Избыточное предложение судов и колеблющийся объем производства химикатов и растительных масел в период ослабления рынка СРР оказали некоторое давление на судовладельцев и усилили конкуренцию между различными сегментами танкерного флота – танкерами-продуктовозами и химовозами [21].

В течение 2019 года мировой спрос на химические грузы постепенно увеличивался, но новые мощности, введенные в США и Китае, смогли в конечном итоге оказать существенное влияние на структуру торговли. Крупнейший за последние 10 лет рост химической промышленности Китая был связан с потребностью удовлетворения растущего спроса на внутреннем рынке. Так, с 2019 года до начала 2020 года Китай ввел в эксплуатацию новые заводы мощностью 10 млн тонн параксилола в год, а в течение 2020–2023 годов годовая производственная мощность будет увеличена еще на 14 млн тонн. Китай импортирует параксилон в основном из Южной Кореи, Японии и Ближнего Востока, и с появлением новых мощностей объем этой торговли будет постепенно сокращаться.

Химическая промышленность США также продолжила рост благодаря конкурентному преимуществу – дешевому сланцевому газу, в результате чего производители в секторе нефтехимии значительно увеличили свои мощности. Торговая война между США и Китаем вызвала некоторую напряженность, но в начале 2020 года были заметны перспективы долгосрочного урегулирования этого конфликта.

На европейском направлении на протяжении 2019 года фрахтовые ставки оставались на низком и среднем уровне, и только после ноября начали достигать привлекательных для судовладельцев 10–11 тыс. долл./сут. Уровень фрахта на рынке коустеров в течение года оставался неизменным. Позитивные изменения фрахтовых ставок на направлении в основном были связаны с небольшим ростом на рынке метиловых эфиров жирных кислот и биодизеля [21].

Что касается трансатлантического рынка, в восточном направлении рынок был стабилен в течение первой половины 2019 года. Пожар на нефтебазе в Хьюстоне в марте 2019 года оказал некоторое давление на фрахтовые ставки, но этот эффект продлился недолго. В отличие от предыдущего года активность сохранялась, и до конца года показатели постепенно улучшались. В западном направлении осуществлялись в основном транзитные перевозки, и большую часть года фрахтовые ставки были на низком уровне. С сентября спрос и предложение начали уравновешивать друг друга.

На азиатском направлении рынки были устойчивы в начале 2019 года. Спотовые перевозки на торговых маршрутах внутри региона активизировались

после китайских новогодних праздников, и тоннаж на март был быстро контрактован. Сезон тайфунов привел к значительным задержкам и, соответственно, к повышению фрахтовых ставок. Также в ноябре 2019 года произошло увеличение фрахтовых ставок примерно на 3–5 долл./т в связи с переходом с топлива с высоким содержанием серы на топливо с низким содержанием серы для торговли на внутренних направлениях [21].

В 2019 году также были введены в эксплуатацию несколько новых нефтеперерабатывающих и химических заводов. Эти крупномасштабные, частные и полностью интегрированные нефтеперерабатывающие и химические проекты оказали значительное влияние на грузопотоки.

Таким образом, в течение 2019 года мировой спрос на химические грузы постепенно увеличивался, однако в 2020 году ситуация несколько изменилась. Количество контрактов на фрахтование танкеров-химовозов резко упало из-за возросшей неопределенности в отношении темпов роста мировой торговли, а также действующих и планируемых к введению экологических норм и требований. В период с 2016 по 2018 год в среднем за год было поставлено заказчикам 42 судна дефвейтом от 19 тыс. тонн до 45 тыс. тонн. Для сравнения: в 2020 году было поставлено только 20 судов, а в 2021 году – 23 судна. Если в течение следующих пяти лет годовой темп роста спроса на химическую продукцию останется на уровне ниже 5 %, а темп роста флота составит примерно 1 % за тот же период при наличии переизбытка тоннажа, рост спроса полностью перекроет рост флота [10].

Во II квартале 2020 года был отмечен рост вследствие снижения конкуренции в секторе перевозок растительных масел и химикатов из-за перераспределения тоннажа и перехода в сектор перевозок рынка СРР. Остальная часть года была более сложной из-за замедления рынка в сегменте среднетоннажных танкеров продуктового MR и замедления мировой экономики в целом [10].

Низкие цены на судовое топливо в течение большей части 2020 года помогли снизить расходы в отрасли, а также поддержать прибыль. Тем не менее в результате пандемии COVID-19 для судовладельцев были увеличены расходы, связанные с содержанием экипажа [10].

Рынок перевозок химических грузов по-прежнему определяется недавними слияниями и образованием пулов. Так, в настоящее время на рынке химовозов сложилась олигополия – несколько крупных компаний контролируют основную долю перевозок.

В начале 2019 года MOL Chemical Tankers приобрела 100 % акций Nordic Tankers, принадлежащих Triton. Новая группа компаний была переименована в MOL Nordic Tankers A/S (MOLNT) и теперь контролирует флот из 75 судов. Целью этого приобретения было создание более сильной бизнес-платформы с большим флотом. MOL также приобрела долю в 20 % в голландской логисти-

ческой компании Den Hartogh Holdings для развития и оптимизации своих услуг по логистике жидких химикатов с использованием контейнеров-цистерн, химовозов и терминала, строящегося в Антверпене [10].

За последние несколько месяцев 2020 года было создано несколько новых «пулов», в то время как несколько существующих групп компаний увеличились. Некоторые примеры объединения включают в себя передачу Chembulk управления своим флотом из 19 танкеров-химовозов сингапурской компании Womar и решение Team Tankers поручить коммерческое управление своими 27 танкерами Maersk Tankers. Стратегия создания таких «пулов» заключается в снижении затрат, минимизации рисков и увеличении доли на рынке [10].

Также было создано новое совместное предприятие Stolt-Nielsen и Essberger E&S Tankers, которое по состоянию на 1 января 2021 года эксплуатирует 48 судов дедвейтом от 2800 до 11 300 тонн. Последней сделкой 2020 года стала продажа Team Tankers своей части европейского флота из семи танкеров-химовозов голландской De Poli Tankers Group. Дополнительным важным фактором, стимулирующим консолидацию, является необходимость для судовладельцев оптимизировать и повышать прибыль, чтобы инвестировать в строительство новых судов, которые будут соответствовать новым экологическим нормам [10].

Одной из специфических черт фрахтового рынка химовозов является то, что флот может быть перераспределен в сектор перевозки светлых нефтепродуктов, и наоборот, танкеры-продуктово­зы могут перевозить химические грузы при наличии сертификата пригодности ИМО. Эти сертификаты требуются танкерам-химовозам для перевозки опасных химикатов, для которых необходимо принять превентивные меры, чтобы груз не вытек из танков. Однако такая сертификация не требуется для перевозки светлых нефтепродуктов, таким образом, все танкеры-химовозы могут перевозить СРР. Хотя получение сертификата ИМО связано с дополнительными расходами, судовладельцы предпочитают эксплуатировать и заказывать танкеры, сертифицированные ИМО, так как эти танкеры могут переключаться между перевозкой СРР и химических грузов.

В то время как конъюнктура товарного рынка всегда влияла на развертывание танкерного флота класса ИМО, 2020 год стал переломным. Когда тайм-чартерные ставки для танкеров-продуктово­зов класса ИМО увеличились на 138,1 %, 78,2 % и 63,2 % на маршрутах Индия – Япония, Сингапур – Австралия, США и Персидский залив – Северо-Западная Европа соответственно, в апреле по сравнению с мартом, всего за один месяц, 79 судов общим дедвейтом 2,9 млн тонн перешли с перевозок химических грузов на нефтепродукты. Из-за карантина, вызванного COVID-19, спрос на химические грузы во многих странах упал, что сказалось на тарифах на перевозку химических грузов. Тем не менее начиная с июля спрос на продукцию предприятий химической промышлен-

ности вырос, но фрахтовые ставки были недостаточно высокими, чтобы снова привлечь флот в сектор перевозок химических грузов. Более того, увеличение спроса на перевозку судового топлива также увеличило спрос на перевозку легких нефтепродуктов [23].

Таким образом, ожидается, что эти танкеры продолжат перевозки светлых нефтепродуктов, поскольку ставки на перевозки химических грузов вряд ли будут достаточно высокими, чтобы привлечь эти суда обратно в сектор перевозок химических грузов, в случае если спрос на дизельное топливо и бензин полностью восстановится в Европе, Индии и Китае на фоне роста промышленной торговли [23]. Тем не менее ключевым фактором в данной ситуации является восстановление спроса на сами химические продукты по мере того, как мировая экономика восстановится после пандемии [10].

Заключение

Фрахтовые ставки на рынке танкерного флота определяются рыночной конъюнктурой и дифференцируются как по типу перевозимого груза, так и по дедейтным группам, грузоместимости, главным размерениям, техническим характеристикам, направлению перевозок, срокам фрахтования.

В рассматриваемом периоде (2019–2021 годы) фрахтовые ставки также формировались под воздействием цен на нефть, сезонных колебаний, экологических требований к судам, последствий локдаунов, связанных с пандемией, и геополитических событий, включая торговые войны и санкционную политику отдельных стран.

Рассматривая фрахтовый рынок дифференцированно по сегментам, можно выделить основные специфические черты. Так, фрахтовый рынок в сегменте танкеров для перевозки нефти и нефтепродуктов помимо сезонного и геополитического фактора более всего находится под влиянием решений ОПЕК.

Специфической чертой фрахтового рынка танкеров LPG является его ограниченность, связанная с небольшим числом стран-игроков, увеличивающая риск высоких колебаний фрахтовых ставок в результате санкционной политики, сбоев в цепочках поставок или работы инфраструктуры.

Особенностью фрахтового рынка танкеров LNG является сезонность, наращивание «гибких объемов» с долей спотовых продаж и перепродажа трейдерами контрактов с разными сроками действия при большой законтрактованности флота.

Фрахтовый рынок химовозов определяется как олигополией с последующими слияниями и образованием пулов внутри отрасли, так и перераспределением тоннажа в сектор перевозки светлых нефтепродуктов и наоборот – в зависимости от рыночной ситуации.

Несмотря на наличие указанной специфики формирования, фрахтовые ставки на перевозку танкерным флотом определяются состоянием мировой

экономики в целом: так, если в мировой экономике наблюдается рост, увеличивается промышленное производство, то этот процесс ведет к повышению спроса, как правило, на все виды морских перевозок.

Понимание специфики фрахтового рынка танкерного флота позволяет точнее обосновывать уровень фрахтовых ставок, используемых в экономических расчетах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Буянов А. С. Методы оценки стоимости перевозки грузов морским транспортом в условиях ограниченного информационного обеспечения // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 3(94). – С. 22–27.
2. Shipping Statistics and Market Review // ISL Institute of Shipping Economics and Logistics. – 2019. – Vol. 63. – № 3.
3. Shipping Statistics and Market Review // ISL Institute of Shipping Economics and Logistics. – 2021. – Vol. 65. – № 2.
4. S&P Global Platts: [сайт]. URL: <https://www.spglobal.com/> (дата обращения: 01.03.2022).
5. Wartsila: [сайт]. URL: <https://www.wartsila.com/> (дата обращения: 01.03.2022).
6. Журнал «Газовая промышленность». – 2018. – № 9 (774).
7. World Shipping Monitor. – 2020. – Vol. 27. – № 8.
8. ОПЕК: [сайт]. URL: <https://www.opec.org> (дата обращения: 01.03.2022).
9. Годовой отчет ПАО «Совкомфлот» за 2020 г. [Электронный ресурс] // ПАО «Совкомфлот»: [сайт]. URL: http://www.scf-group.com/investors/Results_and_Publications/annualreport/ (дата обращения: 21.10.2021).
10. Annual review 2021 [Электронный ресурс] // BRS GROUP: [сайт]. URL: <https://www.brsbrokers.com/annualreview2021.html> (дата обращения: 01.03.2022).
11. Hellenic Shipping News: [сайт]. URL: <https://www.hellenicshippingnews.com/> (дата обращения: 01.03.2022).
12. Shipping Statistics and Market Review // ISL Institute of Shipping Economics and Logistics. – 2020. – Vol. 64. – № 8.
13. UNCTAD: [сайт]. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2020_en.pdf (дата обращения: 04.11.2021).
14. Fearnleys: [сайт]. URL: <https://fearnpulse.com/> (дата обращения: 01.03.2021).
15. Годовой отчет ПАО «Совкомфлот» за 2019 г. [Электронный ресурс] // ПАО «Совкомфлот»: [сайт]. URL: https://ar2019.scf-group.com/download/full-reports/ar_ru_annual-report_spreads_scf-group_2019.pdf (дата обращения: 22.11.2021).
16. Oil & Tanker Trades Outlook, June 19 [Электронный ресурс] // Clarkson Research Services Limited: [сайт]. URL: <https://www.crsi.com/samples/OTTO.pdf> (дата обращения: 22.11.2021).
17. Shipping market review – November 2021 [Электронный ресурс] // Danish Shipfinance: [сайт]. URL: <https://www.shipfinance.dk/media/2159/shipping-market-review-november-2021.pdf> (дата обращения: 01.03.2021).

18. Shipping market review – May 2021 [Электронный ресурс] // Danish Shipfinance: [сайт]. URL: <https://www.shipfinance.dk/media/2098/shipping-market-review-may-2021.pdf> (дата обращения: 01.03.2021).
19. Baltic exchange: [сайт]. URL: <https://www.balticexchange.com/> (дата обращения: 10.11.2021).
20. Годовые отчеты (annual report) 2019–2021 [Электронный ресурс] // GIIGNL: [сайт]. URL: <https://giignl.org/publications> (дата обращения: 01.03.2022).
21. Annual review 2020 [Электронный ресурс] // BRS GROUP: [сайт]. URL: <https://www.brsbrokers.com/annualreview2020.html> (дата обращения: 01.03.2022).
22. Shipping market review – November 2018 [Электронный ресурс] // Danish Shipfinance: [сайт]. URL: <https://www.shipfinance.dk/media/1851/shipping-market-review-november-2018.pdf> (дата обращения: 01.03.2021).
23. Swing tankers unlikely to join chemical trading fleet until 2021 [Электронный ресурс] // Hellenic Shipping News :[сайт]. URL: <https://www.hellenicshippingnews.com/swing-tankers-unlikely-to-join-chemical-trading-fleet-until-2021/> (дата обращения: 05.11.2021).

УДК 656.6; 504.06

ПЕРСПЕКТИВЫ БУНКЕРОВКИ СУДОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ВИДАМИ ТОПЛИВА

А. С. Буянов, канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по развитию, экономике и экологии морского транспорта

А. С. Реуцкий, канд. техн. наук, научный сотрудник отдела новых типов судов

В статье приводятся результаты ретроспективного анализа существующей мировой и отечественной нормативной базы использования альтернативных видов судового бункерного топлива, представлены основные направления развития в тематике использования газового, спиртового и водородного топлива, показаны основные результаты деятельности АО «ЦНИИМФ» в области разработки документов по стандартизации, призванные заполнить пробелы в отечественной нормативной базе применения новых типов судового бункерного топлива.

Ключевые слова: парниковые газы, судовое топливо, нормативная база, бункеровка СПГ, модернизация судна, экология.

Актуальность и проблематика

В течение последнего десятилетия планомерно создается общемировая правовая основа по предотвращению необратимых изменений состава земной атмосферы в результате хозяйственной деятельности человека. Отправной точкой в ее создании является рамочная Конвенция ООН об изменении климата 1992 года, ратифицированная Россией в 1994 году. Кроме Конвенции, инструментами регулирования выбросов парниковых газов в атмосферу являются дополнительные документы к ней. Наиболее известные из них – это Киотский протокол 1997 года и Парижское соглашение об изменении климата 2015 года. По состоянию на начало 2022 года подписанное Россией Парижское соглашение не ратифицировано, но принято Постановлением Правительства РФ.

Согласно статистике ООН [1], доля мирового судоходства в общем объеме выбросов углекислого газа (CO_2) – основного парникового газа – составляет около 2,2 %, что в абсолютном исчислении равно примерно 800 млн тонн в год, при этом более 90 % объема международных перевозок осуществляется морскими судами. Вклад судоходства в общий объем выбросов в сочетании с его главенствующей ролью в трансграничной торговле послужил причиной того, что специализированное агентство ООН в сфере безопасности мореплавания и предотвращения загрязнения морской среды – Международная морская организация (ИМО) – сочло необходимым внести свой вклад в общемировую борьбу с

изменениями климата и приняло ряд решений, направленных на достижение целей Парижского соглашения.

Стратегия ИМО по декарбонизации судоходства, принятая в 2018 году, предполагает снижение выбросов CO_2 на 50 % к 2050 году (за базовый уровень принят 2008 год).

Основным документом ИМО, регулирующим выбросы вредных веществ в атмосферу с морских судов, является Приложение VI «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов» к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года с изменениями 1978 года (МАРПОЛ 73/78) [2].

Совокупными интегральными показателями, характеризующими энергетическую эффективность проектируемых и существующих судов, являются коэффициенты конструктивной энергетической эффективности (Energy Efficiency Design Index, EEDI) и энергетической эффективности существующих судов (Energy Efficiency Existing Ship Index, EEXI). EEDI представляет собой отношение количества произведенного парникового газа (CO_2) судовой энергетической установкой к объему транспортной работы судна (произведение дедвейта и скорости судна при полной загрузке). Следует отметить, что EEXI – это технический индекс, который может быть пересчитан только путем внесения изменений в конструкцию или оборудование судна, но не за счет искусственного уменьшения коммерческих параметров судна, таких как эксплуатационная скорость или грузоподъемность [3].

Таким образом, наряду с типовыми задачами оптимизации формы корпуса судов с целью уменьшения их сопротивления движению, уменьшения массы корпусных конструкций и других актуальных проектных задач сегодня встают новые задачи по оптимизации судовой энергетической установки по критерию уменьшения выбросов оксидов азота, серы и углерода.

Введение индексов, являющихся не в последнюю очередь рычагом экономического давления на судовладельцев и промышленность, приводит к поиску новых технических решений для соответствия современным экологическим нормам. Одним из очевидных и уже давно используемых за рубежом решений по снижению значений EEDI и EEXI является использование топлива, выделяющего при сжигании пониженное количество оксидов серы, азота и углекислого газа – дистиллятного топлива, а также природного газа.

Дополнительно Резолюцией МЕРС 245(66) в число возможного к применению судового топлива введено спиртовое топливо – метанол и этанол. Согласно процедуре по расчету значения EEDI, помимо прочего, выполняется перевод количества топлива, потраченного судовой энергетической установкой (СЭУ), в натуральную величину выбросов CO_2 , для этого применяется соответствующий коэффициент C_F .

На рисунке 1 представлены значения C_F для различных видов судового топлива, что позволяет сделать наглядный вывод о необходимости применения альтернативных по отношению к жидким нефтяным видов топлива.

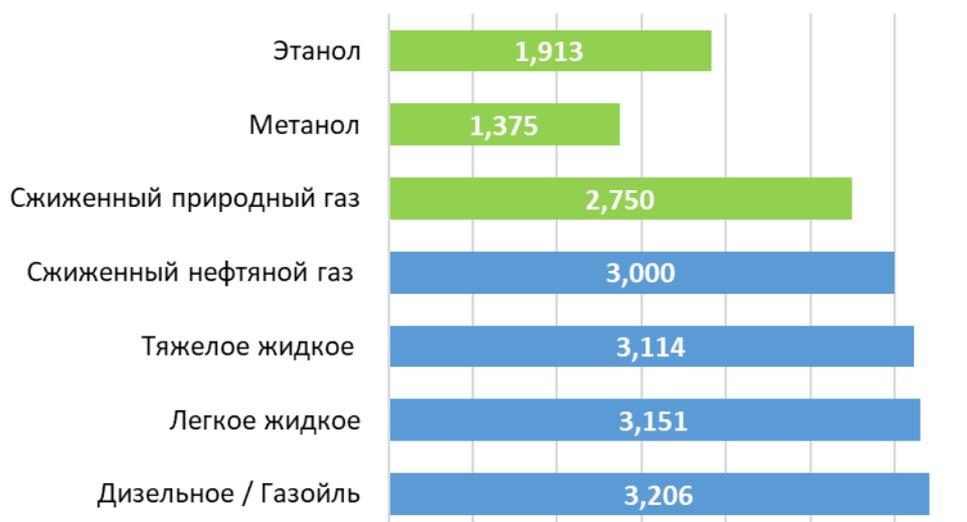


Рисунок 1 – Коэффициент перевода количества сжигаемого СЭУ топлива в натуральную величину выбросов CO₂ (грамм CO₂ на 1 тонну топлива)

Дальнейшее использование дистиллятного нефтяного топлива сталкивается с затруднениями, обусловленными необходимостью соответствующей модернизации СЭУ, установки специального оборудования по нейтрализации оксидов серы и азота в выхлопных газах, а также его высокой рыночной стоимостью.

Таким образом, вопрос экономической целесообразности проектирования новых судов с энергетическими установками, использующими специальным образом подготовленное нефтяное топливо, становится все менее дискуссионным, на смену ему приходят альтернативные виды топлива – природный газ и спиртовое топливо (главным образом метанол).

Основными факторами, замедляющими внедрение альтернативных видов топлива на судах, являются существующая поныне ориентация судовладельцев и операторов на использование СЭУ, работающих на остаточном нефтяном и/или дизельном топливе, отсутствие инфраструктуры для осуществления bunkering судов, а также сложившаяся неоднозначная ситуация с наличием нормативной базы различного уровня.

Зарубежная практика применения альтернативных видов топлива

Развитие зарубежной нормативной базы альтернативных видов топлива происходило по мере наращивания опыта их использования с последующим переносом практических знаний в требования нормативных документов различного уровня. Практика применения сжиженного природного газа (СПГ) в качестве судового топлива насчитывает уже не одно десятилетие. Впервые природный газ в качестве топлива начал применяться в паротурбинных энергетических установках газозовозов для перевозки СПГ, работавших на морских транспортных линиях большой протяженности.

Однако к настоящему времени использование СПГ в качестве топлива затронуло не только газозовозы, но и другие типы судов. Введение упомянутых ранее норм выбросов вредных веществ в атмосферу в акваториях Балтийского и

Северного морей вызывает необходимость модернизации имеющихся или постройки новых судов, использующих природный газ в качестве топлива.

Количество судов на СПГ в мире планомерно растет и, по данным классификационного общества DNV GL, к 2028 году составит 654 судна (рисунок 2). В зоне контроля выбросов Балтийского и Северного морей их число достигнет 162 единиц [4]. Увеличение количества таких судов в Европейском регионе послужило своего рода стимулом для создания инфраструктуры по обеспечению их бункерным топливом.

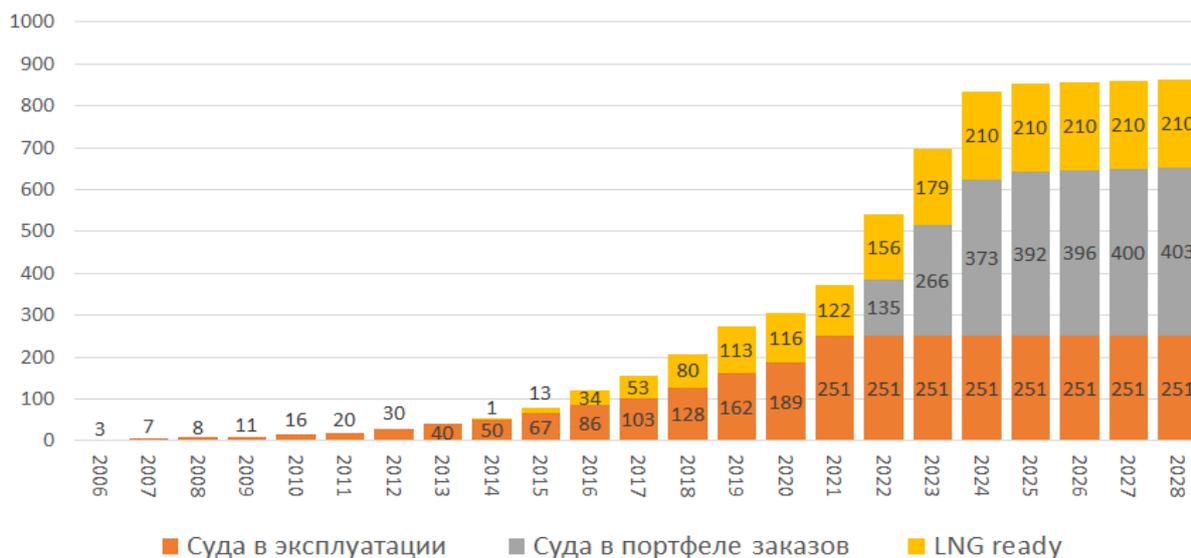


Рисунок 2 – Динамика увеличения газомоторного флота до 2028 года

История бункеровки СПГ посредством специализированных судов-бункеровщиков насчитывает к настоящему времени 8 лет. Первый бункеровщик СПГ Sea gas был переоборудован из построенного в Норвегии в 1974 году парома Fjalir. В 2014 году Fjalir по заказу шведской фирмы AGA Gas AB подвергся полному переоборудованию на верфи Fiskerstrand Verft (Норвегия), в результате чего обрел современный облик и назначение (рисунок 3).



Рисунок 3 – Специализированный бункеровщик СПГ Sea gas, работающий в порту Стокгольма

До появления Sea gas бункеровка, например, парома Viking Grace производилась при помощи автотрейлера у причальной стенки, что увеличивало суммарное время нахождения парома в порту фактически на величину времени бункеровки из-за действовавшего запрета одновременного проведения бункеровки СПГ и грузовых операций.

Вплоть до 2017 года Sea gas являлся единственным бункеровщиком СПГ, работающим в водах Северной Европы, пока на воду не были спущены сразу три судна: Engie Zeebrugge, Coralius и Cardissa. В августе 2021 года на сингапурской верфи Keppel O&M было завершено строительство первого российского судна-бункеровщика «Дмитрий Менделеев», который обеспечит транспортировку и бункеровку СПГ по схеме «судно – судно» в акватории Финского залива.

Следует отметить, что на фоне заметного роста рынка бункеровки природным газом опыт использования спиртового топлива также достаточно динамично развивается. За рубежом активно проводятся исследования по практической реализации и применению метанола и этанола в качестве альтернативных видов топлива для судовых двигателей. В докладе для Европейского агентства по безопасности на море (EMSA) [5] сообщается о результатах использования спиртового топлива в качестве судового топлива. По результатам этих исследований метанол определен как перспективный вид топлива для дизельных двигателей.

На начало 2021 года в мире насчитывалось 25 судов, использующих метанол в качестве топлива (рисунок 4) [4]. Пока это составляет только 0,8 % от общего числа судов, использующих различные технологии для сокращения объема вредных выбросов (скрубберы, LNG/LPG, водород, аккумуляторные батареи). Технические проблемы, возникающие при использовании метанола в качестве топлива для судовых двигателей, относятся к числу решаемых при современном уровне развития науки и техники, что подтверждается обширной зарубежной практикой.

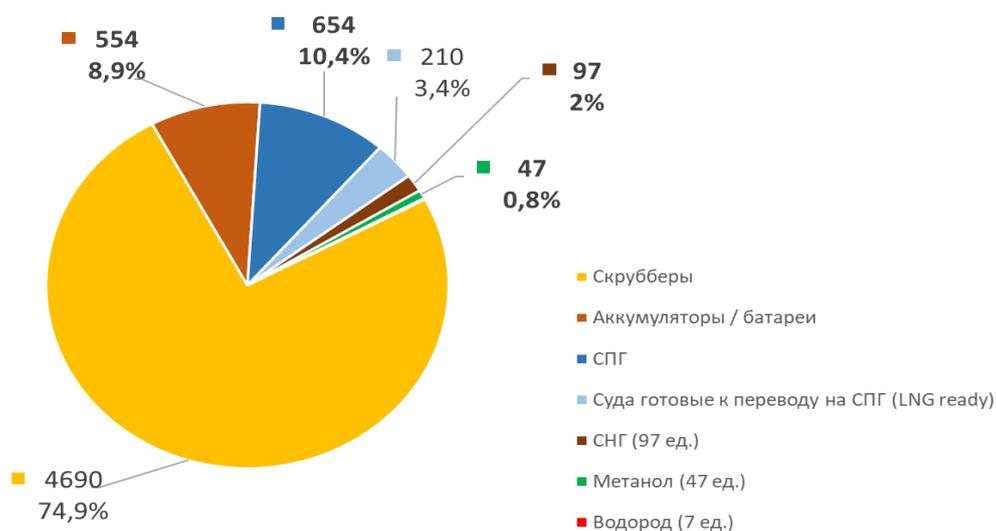


Рисунок 4 – Структура наличия судов, использующих различные технологии для сокращения объема вредных выбросов [4]

В 2011 году в рамках проекта SPIRETH были начаты разработка и тестирование решения по переоборудованию двигателя Wärtsilа-Sulzer модели 8Z40S, которое было продолжено в рамках проекта переоборудования парома Stena Germanica (рисунок 5). Судно было построено в 2001 году на верфи Navantia Carenas Puerto Real (Испания). В 2015 году на верфи Remontowa Shipyard (Польша) компанией Wartsila совместно со Stena Tecnic судно было переоборудовано для работы его энергетической установки на метаноле. Установленное топливное оборудование позволило использовать 4 среднеоборотных двигателя Wartsila-Sulzer модели 8ZAL40S в двухтопливном режиме.



Рисунок 5 – Грузопассажирский паром Stena Germanica [6]

На созданной энергетической установке впервые были выполнены практические исследования по применению метанола в качестве моторного топлива. В результате этих исследований была подтверждена возможность работы двигателей в условиях реальной эксплуатации, впервые выявлены преимущества и недостатки использования метанола, проверены технические решения и обоснованность их использования. По результатам замеров при работе главных двигателей судна Stena Germanica на метаноле выбросы оксида серы (SO_x) уменьшились на 99 %, оксида азота (NO_x) – на 60 %, двуокиси углерода (CO_2) – на 25 % и твердых частиц – на 95 %.

В 2012 году компания MAN Diesel&Turbo приняла решение о расширении линейки двигателей, использующих топливо с низкой температурой вспышки. Результатом разработки стала серия двигателей ME-LGI.

В период 2016–2018 годов в Южной Корее и Японии были спущены на воду три серии судов типа «химовоз-продуктовоз», которые изначально проектировались для работы главных двигателей на метаноле (головные суда этих серий – Lindanger, Taranaki Sun и Mari Couva). Опыт проектирования и эксплуатации построенных судов позволил пополнить базу знаний об использовании метанола в качестве судового топлива, определить способы переоборудования

судов, работающих на традиционном нефтяном топливе, а также разработать соответствующие нормативные документы.

В начале 2022 года DNV GL выдало сертификат одобрения (Approval in Principle) китайской компании Dalian Shipbuilding Industry Company Limited на эскизный проект танкера типа VLCC, способного работать на метаноле в качестве судового топлива. Заказчиком судна является судоходная компания COSCO SHIPPING Energy Transportation Limited. Это первый проект танкера типоразмера VLCC на метаноле, который соответствует всем требованиям класса DNV LFL fuelled [7].

Если СПГ и метанол являются уже не просто перспективными видами бункеровочного топлива, а реальной альтернативой нефтяным видам топлива, то два других «конкурента» – аммиак и водород – пока находятся на стадии поиска экономически эффективных решений. По данным DNV [8], широкое внедрение в качестве топлива для двигателя внутреннего сгорания (ДВС) аммиака возможно в период 2026–2028 годов, а водорода – к 2030 году (рисунок 6).

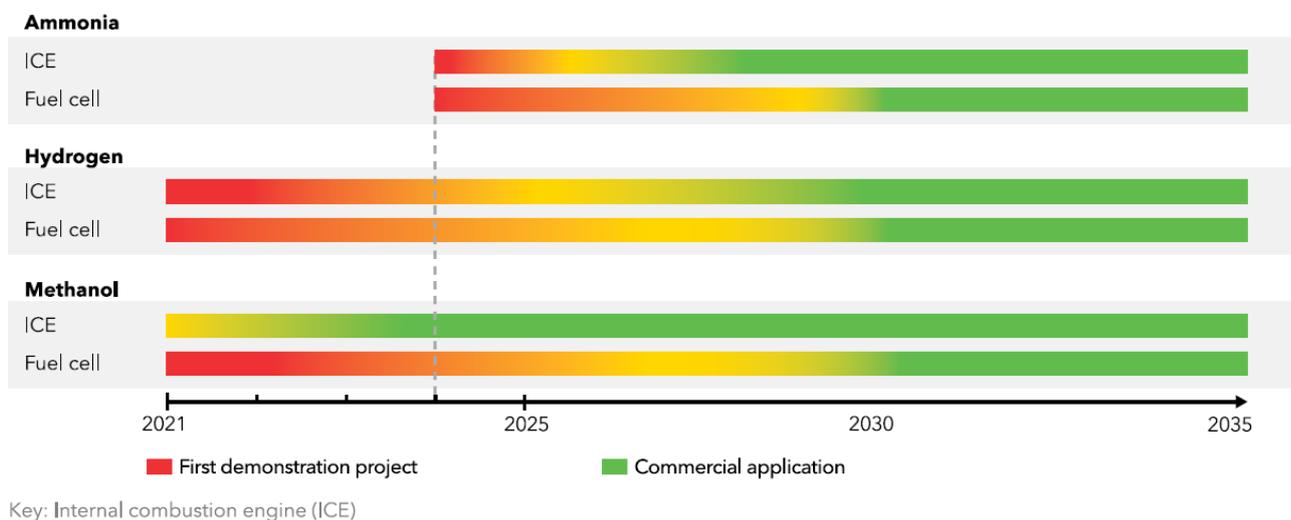


Рисунок 6 – Перспективы внедрения альтернативных видов топлива [8]

В марте 2022 года классификационное общество Lloyd Register (LR) выдало сертификат одобрения (AiP) норвежскому судовладельцу Egil Ulvan Rederi AS на проект саморазгружающегося сухогруза With Orca, работающего на водороде, с нулевым уровнем выбросов. Заказчиками судна являются норвежские компании Felleskjøpet Agri и Heidelberg Cement. Нулевой уровень выбросов на судне будет соблюдаться на всех этапах эксплуатации. ДВС будет адаптирован для работы на водороде, хранящемся на борту в сжатом виде. Значительная часть энергии, необходимая для работы судна дедвейтом 5550 тонн, будет генерироваться непосредственно от ветра через два больших роторных паруса. Также судно будет иметь систему топливных элементов для использования энергии в условиях низкой нагрузки. Следует отметить, что LR присвоило AiP проекту судна после прохождения сертификации HAZID, основанной на оценке рисков [9].

Активная разработка проектов судов, использующих аммиак как топливо для ДВС, продолжается уже более 5 лет. В ноябре 2021 года норвежская госкомпания Equinor договорилась с судовладельцем Eidesvik Offshore модифицировать судно снабжения нефтегазовых платформ Viking Energy и перевести его на аммиак. Сейчас судно работает на СПГ. Тестовые испытания планируется начать с 2024 года. Китайская судостроительная компания Dalian Shipbuilding Industry в конце 2019 года получила принципиальное одобрение LR концепции контейнеровоза вместимостью 23 тыс. TEU¹, который должен работать на аммиаке. Международный консорциум, в который в том числе входят малайзийский судовладелец MISC и южнокорейская верфь Samsung Heavy Industries, тоже работает над созданием танкера с использованием аммиака в качестве топлива [10].

Нормативная база использования СПГ в качестве бункерного топлива

Анализ зарубежных и отечественных нормативных документов различных уровней, положения которых распространяются на процесс бункеровки судов СПГ, позволил выделить три основные группы документов: 1) международные кодексы, конвенции, директивы; 2) международные стандарты; 3) руководства и рекомендации международных обществ и ассоциаций Европейского союза, отдельных стран, администраций морских портов.

За последние 5 лет состав международной нормативной базы касательно бункеровки СПГ практически не изменился [11]. Основными международными нормативно-правовыми инструментами, регулируемыми как постройку, так и безопасность эксплуатации морских судов, работающих на СПГ, остаются «Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженный газ наливом» и «Международный Кодекс по безопасности для судов, использующих газы или иные виды топлива с низкой температурой вспышки».

Расширение географии бункеровки судов СПГ приводит к разработке или корректировке нормативной базы уровня администраций морских портов. Многие порты выпускают отдельные регламенты по бункеровке СПГ, другие вносят соответствующие изменения в основные правила порта. Основой данных документов являются указанные выше кодексы, международные технические стандарты (ИСО, МЭК), а также документы международных неправительственных организаций, которые на данный момент утрачивают свою актуальность и отходят на второй план.

Отдельно стоит упомянуть обновившийся в 2020 году стандарт МЭК 60079-10-1, назначающий требования по классификации и определению размеров и конфигурации опасных зон. Этот стандарт недавно выдержал третью редакцию и претерпел некоторые изменения в методическом аппарате. Стандарт представляет значительный интерес для использования в российской

¹ Двдцатифутовый эквивалент (TEU или teu, от англ. twenty-foot equivalent unit) — условная единица измерения вместимости грузовых транспортных средств.

практике, так как содержит методики количественной оценки влияния на класс взрывоопасности и размеры взрывоопасной зоны различных факторов, характеризующих свойства и состояние взрывоопасных смесей, особенности технологического оборудования, параметры вентиляции и т. д.

Говоря о российской нормативной базе, стоит отметить выход в 2020 году трех национальных стандартов по бункеровке СПГ: ГОСТ Р 59020–2020 «Нефтяная и газовая промышленность. Грузовые операции и бункеровка сжиженным природным газом. Термины и определения», ГОСТ Р 59021–2020 «Нефтяная и газовая промышленность. Грузовые операции и бункеровка сжиженным природным газом. Общие требования» и ГОСТ Р 59022–2020 «Нефтяная и газовая промышленность. Грузовые операции и бункеровка сжиженным природным газом. Оборудование причалов». Указанные ГОСТы были разработаны специалистами АО «ЦНИИМФ» по заказу ПАО «Газпром».

Стандарт ГОСТ Р 59020–2020 «Нефтяная и газовая промышленность. Грузовые операции и бункеровка сжиженным природным газом. Термины и определения» разработан впервые, он устанавливает основные термины и определения понятий в области грузовых операций судов – бункеровщиков СПГ и бункеровки газотопливных судов СПГ на морском и внутреннем водном транспорте. Термины, установленные настоящим стандартом, рекомендуются для применения во всех видах документации и литературы в области грузовых операций судов – бункеровщиков СПГ и бункеровки СПГ газотопливных судов на морском и внутреннем водном транспорте. Стандарт не распространяется на грузовые операции судов-газовозов для транспортирования СПГ.

Стандарт ГОСТ Р 59021–2020 «Нефтяная и газовая промышленность. Грузовые операции и бункеровка сжиженным природным газом. Общие требования» устанавливает основные принципы взаимодействия сторон, принимающих участие в процессе подготовки и проведения операции бункеровки СПГ, а также общие требования применительно к:

- технологии бункеровки СПГ, выполняемой при подготовке к проведению бункеровки СПГ в части составления плана бункеровки с учетом вопросов пожарной, криотемпературной и экологической безопасности судов, а также требований к содержанию, составлению и заполнению отчетных документов, деклараций и проверочных листов, заполняемых до, во время и после проведения бункеровки СПГ;

- процедурам, выполняемым при бункеровке СПГ в части швартовных операций, состава, функционального назначения и характеристик грузовой системы газотопливных судов и судов-бункеровщиков СПГ;

- процедурам выполнения грузовых операций с СПГ на судах – бункеровщиках СПГ и бункеровки СПГ в части взаимодействий судно – берег, судно – судно, автоцистерна – судно, железнодорожная цистерна – судно и портовых операций, а также к описанию существенных факторов, влияющих на данное взаимодействие, общим требованиям к причальным сооружениям, морским

операциям, в том числе к заходу в порт, к операциям с судами на терминале, к потенциально опасным зонам, электробезопасности, связи, перекачке груза;

- подготовке персонала, участвующего в бункеровке СПГ, включая требования к приобретаемым им в ходе подготовки компетенциям;

- конструкциям систем удержания и передачи топлива применительно к судну, использующему СПГ в качестве топлива, с учетом его района эксплуатации;

- конструкциям систем удержания и передачи груза применительно к судну – бункеровщику СПГ с учетом его района эксплуатации;

- конструкциям систем удержания и передачи топлива, средствам связи и автоматики применительно к судну, использующему СПГ в качестве топлива, с учетом его района эксплуатации, а также к контролю передаваемого СПГ;

- системе менеджмента/обеспечения качества проведения бункеровочных операций в части взаимодействия лиц, ответственных за выполнение бункеровки СПГ;

- системе менеджмента/обеспечения качества в области изготовления оборудования для передачи топлива и оборудования для транспортировки СПГ;

- области выполнения оценки риска и определения опасных и контролируемых зон с учетом стандарта ISO/TS 18683:2015 «Руководящие указания по системам и установкам для подачи сжиженного природного газа в качестве топлива на суда».

Стандарт ГОСТ Р 59022–2020 «Нефтяная и газовая промышленность. Грузовые операции и бункеровка сжиженным природным газом. Оборудование причалов» распространяется на оборудование, устанавливаемое на вновь сооружаемые причалы, предназначенные для грузовых операций судов – бункеровщиков СПГ и бункеровки судов СПГ (в том числе на удаленные выносные причальные сооружения), а также на существующие причалы, отводимые для производства указанных операций и реконструируемые с этой целью для размещения на них такого оборудования при условии их пригодности. Он устанавливает общие функциональные требования к оборудованию и объектам инфраструктуры причалов, с помощью которых осуществляется передача на суда СПГ в качестве топлива или груза, к оборудованию обеспечения безопасности, вспомогательному оборудованию и системам (инженерно-технические сети обслуживания причала и т. п.).

Эти национальные стандарты утверждены и введены в действие. Единственной незатронутой темой в этих документах является тема оценки рисков при проведении бункеровки СПГ.

Российская нормативная база является частью общемировой, однако некоторые особенности правоприменительного процесса и отличие ее от мировой базы, выражающиеся в ином распределении ответственности между администрацией порта, операторами причалов и бункеровочными компаниями, накладывают особый отпечаток на содержание и номенклатуру документов по стандартизации.

В качестве примера можно привести разработанный ГОСТ Р 59021–2020, где в качестве применимого инструмента по определению размера взрывоопасных зон рекомендован стандарт МЭК 60079-10-1, назначающий требования по классификации и определению их размеров. В то же время пункт 164 действующего Технического регламента о безопасности объектов морского транспорта (далее – Технический регламент) [12] определяет минимальное расстояние от мест погрузки (выгрузки) взрывоопасных веществ до жилых строений, служебно-вспомогательных зданий и сооружений, а также от общих мест погрузки и хранения грузов равным 250 м.

Согласно сложившейся практике в Обязательных постановлениях в морских портах (основной документ, регламентирующий деятельность в морском порту) в целях определения безопасных мест для проведения перевалки опасных грузов используются положения действующего Технического регламента и обозначенное выше ограничение в 250 м. Данная постоянная величина негативно сказывается на возможности выполнения бункеровки способом «автоцистерна – судно» у причальной стенки, назначая практически недостижимый в данном случае радиус зоны безопасности и, по сути, делая бункеровку СПГ у причала в ряде случаев невозможной.

Обратная ситуация складывается в случае проведения бункеровки СПГ на рейде порта, где ограничение в 250 м носит формальный характер и никак не регламентирует удаленность места проведения бункеровочной операции от проходящих судов. Также при назначении зоны безопасности необходимо учитывать и объем потенциальной утечки СПГ, как это делается в стандарте МЭК 60079-10-1.

Следует отметить, что в настоящее время проект новой редакции Технического регламента о безопасности объектов морского транспорта, разработанный специалистами АО «ЦНИИМФ», находится на согласовании в Минтрансе России и в ближайшее время будет вынесен на общественные слушания. Новая редакция предполагает при определении размера взрывоопасных зон переход от детерминированного подхода в сторону объектно-ориентированного, то есть перевалка взрывоопасных грузов должна осуществляться на безопасном расстоянии от жилых строений, служебно-вспомогательных зданий и районов хранения и обработки других грузов, определяемом в результате оценки рисков с учетом характеристик взрывоопасных грузов.

Международная нормативная база по проведению бункеровочных операций с СПГ за последнее десятилетие накопила достаточное количество документов различного уровня, что усложняет и без того непростой процесс подготовки отечественных компаний к предоставлению услуг по бункеровке СПГ.

Во избежание подобных проблем в интересах компаний, работающих на рынке РФ, специалистами АО «ЦНИИМФ» разрабатывается Свод правил, способный консолидировать требования различных документов по стандартизации международного и отечественного образцов. Разработка нормативного документа такого уровня позволит сформировать правовую основу бункеровки СПГ

в морских и речных портах РФ, определить организационные правила, методы и процедуры, применяемые для обеспечения безопасной бункеровки СПГ.

Свод правил «Типовое руководство по бункеровке СПГ в портах РФ» должен стать методологической основой для выполнения комплекса работ, в том числе научных, по корректировке Обязательных постановлений в морских портах РФ в части определения и утверждения условий безопасной бункеровки СПГ.

Нормативная база использования спиртового топлива

Наибольшее распространение в качестве моторного топлива получили такие виды спиртового топлива, как метанол и этанол. Анализ свойств и характеристик спиртов показал, что их использование усложнено не только проблемами технического характера, но и организационными проблемами, связанными с применением существующей нормативной базы использования метанола и этанола в качестве топлива на судах.

Международным стандартом, регламентирующим подход к конструкции судов, использующих метанол/этанол в качестве топлива, является «Международный кодекс по безопасности для судов, использующих газы или иные виды топлива с низкой температурой вспышки» (Кодекс МГТ).

Одновременно со строительством судов, использующих метанол и этанол в качестве топлива, ведется разработка отдельных требований классификационных обществ к таким судам. В настоящее время разработаны требования DNV GL [13], LR [14], China Classification Society [15]. Среди них следует отдельно упомянуть Правила DNV GL, где в части 6 «Дополнительные знаки класса» главы 2 «Пропульсивные установки, производство электроэнергии и вспомогательные установки» содержится раздел 6 «Энергетические установки, использующие топливо с низкой температурой вспышки». В этом разделе сформулированы требования к судам, имеющим в символе класса обозначение LFL fuelled, то есть судам, использующим в качестве топлива вещества с низкой температурой вспышки. Требования DNV GL не содержат единого раздела, предъявляющего требования к конструкции судов, использующих топливо с низкой температурой вспышки, содержание этого раздела включено в другие разделы в виде отдельных положений. В требованиях присутствует раздел по учету технико-эксплуатационных особенностей трех типов судов: танкеры-химовозы, пассажирские суда и суда обеспечения для работы на шельфе.

Международная морская организация (ИМО) также ведет разработку требований к судам, использующим метанол и этанол в качестве топлива. На 6-й сессии ИМО Подкомитета по перевозке грузов и контейнеров 12 сентября 2019 года утвержден проект циркуляра под названием «Временные руководящие принципы обеспечения безопасности судов, использующих метиловый и этиловый спирт в качестве топлива» [16]. В проекте циркуляра и в требованиях DNV GL содержатся те же разделы, что и в Кодексе МГТ и «Требованиях к судам, оборудованным для использования газа или топлива с низкой температурой вспышки» Российского морского регистра судоходства (РС) [17]. В доку-

ментах IMO и DN VGL представлены требования, предъявляемые к конструкциям емкостей для хранения топлива (ЕХТ), потребителям топлива (метанола/этанола) на судне, топливной системе, противопожарной защите, вентиляции помещений и другие.

В 2021 году в рамках НИР специалистами АО «ЦНИИМФ» были разработаны специальные требования к судам, использующим в качестве топлива метанол и этанол или другие виды топлива с низкой температурой вспышки. Эти требования нашли отражение в виде нового раздела части XVII Правил РС. В этот раздел вошли как общие положения, включающие область применения, определения и дополнительные символы класса, так и требования, касающиеся конструкции судна, конструкции топливных емкостей для метанола и этанола, потребителей топлива на судах, топливной системы, противопожарной защиты, систем вентиляции, инертизации, контроля, управления и автоматики, а также электрического оборудования и защиты экипажа.

Необходимо отметить, что нормативная база, касающаяся бункеровки метанолом, схожа с нормативной базой по бункеровке СПГ и подпадает под действие Технического регламента о безопасности объектов морского транспорта, а для обеспечения безопасного процесса бункеровки применяются те же документы по стандартизации, что и в случае с бункеровкой СПГ. Но в сложившейся ситуации, при которой все внимание обращено в сторону СПГ, вопросы стандартизации бункеровочных операций со спиртовым топливом остаются открытыми.

В начале 2022 года Российский морской регистр судоходства объявил конкурсы на выполнение двух научно-исследовательских работ в области использования на морских судах альтернативных видов топлива:

- Разработка требований по применению на судах СУГ (пропан-бутановой смеси) в качестве топлива;
- Разработка проекта требований РС к емкостям для хранения и транспортировки сжиженного водорода.

Подводя итог, следует сказать, что в настоящий момент происходит формирование нормативной базы использования альтернативного топлива, однако в условиях ввода новых требований и норм этот процесс необходимо интенсифицировать, для чего требуется не только пристальное внимание и участие отечественных стивидорных и бункеровочных компаний, профессиональных союзов и ассоциаций, но и государственных органов власти.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. CO₂ Emissions from International Maritime Shipping. Working Paper Series 2017:4. UNEP DTU Partnership, 2017.
2. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененная Протоколом 1978 года к ней (МАРПОЛ 73/78). ИМО, 2017.
3. Иванченко А. А., Петров А. П., Живлюк Г. Е. Энергетическая эффективность судов и регламентация выбросов парниковых газов // Вестник Государственного

- университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2015. – № 3(31). – С. 103–112.
4. DNV GL. Alternative fuels insight: [сайт]. URL: <https://afi.dnvgl.com/>
 5. Study on the use of ethyl and methyl alcohol as alternative fuels in shipping, EMSA, 2015. – 183 с.
 6. Media Portal Stena Line: [сайт]. URL: <https://brandportal.stenaline.com/d/GX8FrX9C4rM8/stena-line-media-library-press>
 7. DNV awards AiP for methanol-fuelled VLCC developed by DSIC and CSET: [сайт]. URL: <https://www.dnv.com/news/dnv-awards-aip-for-methanol-fuelled-vlcc-developed-by-dsic-and-cset-219513>
 8. Energy Transition Outlook 2021. Maritime forecast to 2050: [сайт]. URL: <https://www.dnv.com/maritime/publications/maritime-forecast-to-2050-download.html>
 9. Norwegian zero-emission bulk carrier project awarded LR AiP: [сайт]. URL: <https://www.lr.org/en/latest-news/norwegian-zero-emission-bulk-carrier-with-orca-lr-aip/>
 10. Использование аммиака как судового топлива в Сингапуре: [сайт]. URL: <https://energybase.ru/news/industry/ammonia-as-marine-fuel-in-singapore-2020-06-17>
 11. Буянов А. С., Семенов В. Е., Реуцкий А. С. СПГ-бункеровка. О необходимости актуализации системы российских стандартов // Neftegaz.RU. – 2019. – № 5(89). – С. 48–55.
 12. Постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. № 620 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов морского транспорта».
 13. DNV GL Section 6 “Low flashpoint liquid fuelled engines – LFL fueled”, 2019. – P. 169–200.
 14. Lloyd's Register. Rules for the Classification of Methanol Fuelled Ships, 2019. – 32 p.
 15. China Classification Society. Guidelines for Ships Using Alternative Fuels, 2017. – 44 p.
 16. ИМО. Interim Guidelines for the Safety of Ships using methyl/ethyl Alcohol as Fuel, 2019.
 17. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XVII «Дополнительные знаки символа класса и словесные характеристики, определяющие конструктивные или эксплуатационные особенности судна», НД:2-020101-152. Дата обновления: 15.03.2022. URL: <https://lk.rs-class.org/regbook/rules>

УДК 504.06; 629.5.083.6

АКТУАЛЬНОСТЬ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕВОДА СУДОВ НА СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

А. С. Реуцкий, канд. техн. наук, научный сотрудник отдела новых типов судов

Е. В. Володченко, инженер 1-й категории отдела конструктивной надежности и модернизации судов

В статье освещается тема перевода судов с тяжелого топлива на сжиженный природный газ (СПГ). Исследованы актуальные проблемы по борьбе с экологическим загрязнением атмосферного воздуха, следствием которых стало ужесточение мировых норм по выбросам в атмосферу. Выявлены причины и представлены аргументы в пользу переоборудования судов, а также описан отечественный опыт такого переоборудования.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, экологическая безопасность судовой энергетической установки (СЭУ), энергоэффективность, сжиженный природный газ, переоборудование судна.

Введение

Ограничения, введенные Международной морской организацией (ИМО) и вступившие в силу в 2020 году, направлены на снижение содержания серы в используемом судовом топливе до 0,5 %. С 2021 года, также по инициативе ИМО, расширены зоны контроля эмиссии оксидов азота на регионы Балтийского и Северного морей. Эти и другие ужесточения норм по контролю за выбросами в атмосферу с судов вынуждают судовладельцев искать пути удовлетворения новых экологических требований посредством установки скрубберов и другого оборудования, способного снизить выбросы в атмосферу. В данной статье рассмотрены и проанализированы пути перехода на сжиженный природный газ как вариант решения вопроса загрязнения атмосферы от первоисточника проблемы – тяжелого топлива.

Обзор актуальных правил по экологической безопасности судов с точки зрения выбросов в атмосферу

Стратегия ИМО по декарбонизации судоходства, принятая в 2018 году, предполагает снижение выбросов CO₂ на 50 % к 2050 году (за базовый уровень принят 2008 год).

Основным документом ИМО, регулирующим выбросы вредных веществ в атмосферу с морских судов, является Приложение VI «Правила предотвраще-

ния загрязнения воздушной среды с судов» к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года к ней (МАРПОЛ 73/78) [1]. Совокупными интегральными показателями, характеризующими энергетическую эффективность проектируемых и существующих судов, являются коэффициенты конструктивной энергетической эффективности (*Energy Efficiency Design Index, EEDI*) и энергетической эффективности существующих судов (*Energy Efficiency Existing Ship Index, EEXI*). Коэффициент конструктивной энергетической эффективности представляет собой отношение количества произведенного парникового газа (CO_2) судовой энергетической установкой к объему транспортной работы судна (произведение дедвейта и скорости судна при полной загрузке). Следует отметить, что *EEXI* – это технический индекс, который может быть пересчитан только путем внесения изменений в конструкцию или оборудование судна, но не за счет искусственного уменьшения коммерческих параметров судна, таких как эксплуатационная скорость или грузоподъемность.

Таким образом, сейчас наряду с типовыми задачами оптимизации формы корпуса судов с целью уменьшения их сопротивления движению, уменьшения массы корпусных конструкций и других актуальных проектных задач встают новые задачи по оптимизации судовой энергетической установки по критерию уменьшения выбросов оксидов азота, серы и углерода.

Введение индексов, являющихся не в последнюю очередь рычагом экономического давления на судовладельцев и промышленность, приводит к поиску новых технических решений для соответствия современным экологическим нормам. Одним из очевидных и уже давно используемых за рубежом решений по снижению значений *EEDI* и *EEXI* является использование топлива, выделяющего при сжигании пониженное количество оксидов серы, азота и углекислого газа – дистиллятного топлива, а также природного газа. Дополнительно Резолюцией МЕРС 245(66) в число возможных к применению судовых видов топлива введены спиртовые виды топлива – метанол и этанол.

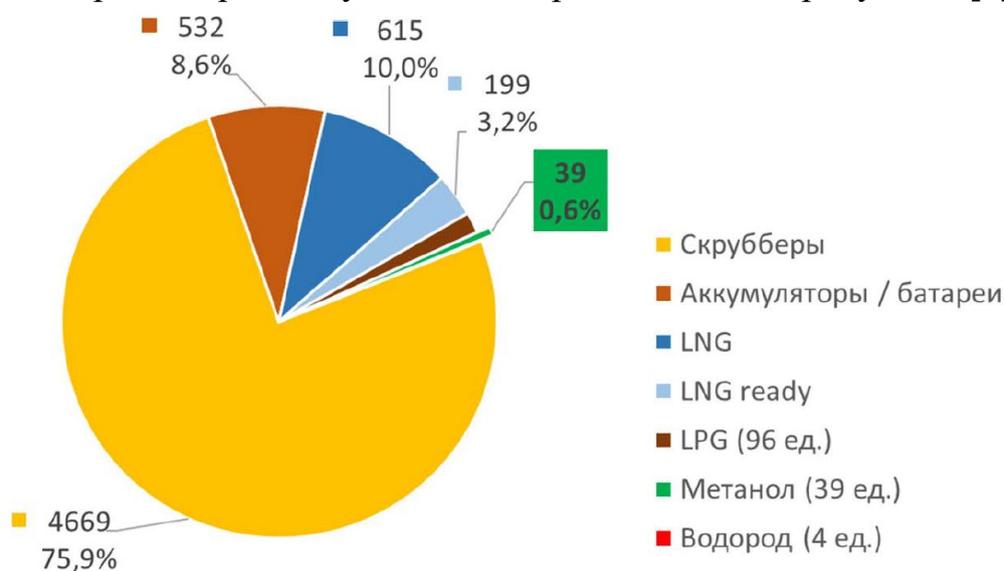
Дальнейшее использование дистиллятных нефтяных видов топлива сталкивается с затруднениями, обусловленными необходимостью соответствующей модернизации СЭУ, установки специального оборудования по нейтрализации оксидов серы и азота в выхлопных газах, а также его высокой рыночной стоимостью. Таким образом, вопрос экономической целесообразности проектирования новых судов с энергетическими установками, использующими специальным образом подготовленное нефтяное топливо, становится все менее дискуссионным, на смену ему приходят альтернативные виды топлива – природный газ и спиртовое топливо (главным образом метанол).

Основными факторами, замедляющими внедрение альтернативных видов топлива на судах, являются существующая поныне ориентация судовладельцев и операторов на использование СЭУ, работающих на остаточном нефтяном и/или дизельном топливе, отсутствие инфраструктуры для осуществления бункеровки судов, а также сложившаяся неоднозначная ситуация с наличием нормативной базы различного уровня.

Пути решений, обеспечивающих удовлетворение действующих норм и требований для существующего флота

В настоящее время существует не один способ обеспечения удовлетворения требованиям правил по снижению выбросов в атмосферу. Установка скрубберов – одно из самых популярных решений вопроса, связанного с выбросами оксидов серы. Но на пути к спасению атмосферы возникла другая проблема – загрязнение водной среды от одноконтурной скруббер-системы, из-за чего впоследствии скрубберы получили запрет на их использование более чем в двух десятках стран. При этом именно скруббер-системы с открытым контуром наиболее массово устанавливались на суда до настоящего момента в силу своей относительной простоты.

По данным DNV GL на октябрь 2021 года, в мире 6154 судна используют альтернативные виды топлива и системы очистки выхлопных газов. Текущая структура альтернативных видов топлива и технологий снижения выбросов оксидов серы в мировом судоходстве представлена на рисунке 1 [2].



DNV GL. Alternative Fuels Insight. 2021, October

Рисунок 1 – Структура альтернативных видов топлива и технологий в мировом судоходстве [2]

Поскольку первоисточником проблемы по загрязнению атмосферы оксидами серы, окислами азота, углекислым газом и твердыми частицами является само топливо, то стоит рассмотреть альтернативные виды судового топлива и оценить влияние вида судового топлива на энергоэффективность СЭУ.

На сокращение выбросов углекислого газа не удастся повлиять изменением условий рабочего процесса в цилиндрах двигателя, как это используется для сокращения выбросов NO_x . Также на количество выбросов CO_2 не влияет и предварительная очистка бункерного топлива, как это делается для снижения выбросов SO_x . При сжигании некоторого количества судового топлива определенного типа в атмосферу выбрасывается соответствующее ему количество уг-

лекислого газа. Иными словами, загрязнять атмосферу в меньшей степени будет то судно, которое для совершения той же транспортной работы использует меньше топлива, то есть обладает большей энергетической эффективностью [3].

Удельный выброс углекислого газа C_F и содержание углерода в различных видах топлива представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание C_F и углерода в соответствии с видом топлива

Вид топлива	Содержание углерода	C_F , (тCO ₂)/т топлива
Дизельное топливо / газойль	0,875	3,206
Легкое жидкое топливо	0,860	3,151
Тяжелое жидкое топливо	0,850	3,114
Сжиженный нефтяной газ:		
бутан	0,827	3,030
пропан	0,819	3,000
Сжиженный природный газ	0,750	2,750
Этанол	0,522	1,913
Метанол	0,375	1,375

Однако судить о разумности перехода на СПГ только по его относительно низкому содержанию углерода некорректно. Если же сравнивать виды топлива с точки зрения экологичности, то можно использовать понятие энергоэффективности судна. Эксплуатационный коэффициент энергетической эффективности (*Energy Efficiency Operational Index, EEOI*) является инструментом оценки уровня выбросов диоксида углерода с судов в эксплуатации. Инструмент разработан ИМО и выражается в количестве CO₂, выброшенного на единицу транспортной работы:

$$EEOI = MCO_2 / \text{Транспортная работа},$$

где выбросы CO₂ определяются на основе расхода топлива (MCO_2 – масса выбросов CO₂); Транспортная работа – это масса груза (в тоннах), умноженная на общее пройденное расстояние, измеряемое в морских милях.

Из чего можно сделать выводы, что расход топлива играет важную роль именно в объемах выброса CO₂. При этом расход зависит от теплотворной способности топлива, то есть, чем она ниже, тем больше топлива потребуется для поддержания заданной мощности СЭУ. В таблице 2 приведены приблизительные данные по низшей теплоте сгорания некоторых рассматриваемых видов топлива.

Таблица 2 – Ориентировочные данные по низшей теплотворной способности разных видов топлива

Вид топлива	Низшая теплота сгорания, МДж/кг
Дизельное топливо	42,2
Мазут малосернистый	41,3
Мазут высокосернистый	40,0
Сжиженный нефтяной газ:	
бутан	45,8
пропан	49,9
Сжиженный природный газ	50,1
Этанол	30,5
Метанол	22,7

На примере танкера-газовоза (*Very Large Gas Carrier, VLGC*), работающего на двух видах топлива: тяжелом топливе RMG 380 с содержанием серы 2,39 % по массе и дизельном топливе DMA с содержанием серы 0,08 % (в особом Карибском районе, зона SECA), можно оценить целесообразность перехода на более экологичное топливо. Наиболее рациональным вариантом альтернативного топлива для судна-газовоза стал бы сжиженный природный газ [3].

Сравнительный анализ ситуации с использованием разных видов топлива на данном танкере-газовозе, приведенный в [3], показывает, что переход полностью на дизельное топливо DMA значительно снижает величину *EEOI*, но не является экономически выгодным для судовладельца. Использование же СПГ в качестве основного топлива повысит и энергетическую, и экономическую эффективность судна за счет:

- малой величины безразмерного переводного коэффициента приведения расхода топлива к выбросам CO₂ для СПГ (см. таблицу 1);
- высокого значения низшей теплотворной способности, снижающей расход топлива (см. таблицу 2).

Отечественный опыт переоборудования СЭУ на двухтопливную работу

Перевод судов на СПГ становится общемировым трендом в развитии судовой энергетики и показывает, что в качестве судового топлива природный газ используется в сжиженном состоянии ввиду более приемлемых массогабаритных характеристик топливной системы. Так, специалистами ООО «НПО «Санкт-Петербургская электрическая компания» была произведена опытно-конструкторская работа по созданию первого российского судна-газохода на сжиженном природном газе. Теплоход «Нева-6» валовой вместимостью около 210 рег. тонн был переведен на двухтопливный режим работы – дизельное топливо и сжиженный природный газ как основное моторное топливо.

При переводе судовых дизелей 3Д6 модернизируемого судна «Нева-6» на двухтопливный режим был выбран вариант внешнего смесеобразования. При таком смесеобразовании природный газ подается во впускной воздушный кол-

лктор, из которого газовоздушная смесь поступает в цилиндры дизельного двигателя. В конце такта сжатия в цилиндр впрыскивается запальная доза дизельного топлива (порядка 30 % от номинальной цикловой подачи), которое необходимо вследствие того, что давление в конце сжатия не обеспечивает достижения температуры самовоспламенения метана, составляющей 650–720 °С и значительно превышающей температуру самовоспламенения дизельного топлива (350–400 °С). Такой способ воспламенения обеспечивает возможность быстрого перехода с газового топлива на дизельное и обратно [4].

Данный опыт доказывает возможность перевода СЭУ на двухтопливный газодизельный режим работы без демонтажа штатных судовых дизелей. В данном случае судно дополнительно оснащено комплектом навесного газового оборудования с системой автоматического управления двухтопливным режимом, при этом оптимизация данного процесса производилась на береговом испытательном стенде.

Основные рабочие параметры газодизеля, такие как температура выхлопных газов, температура масла и охлаждающей жидкости, остаются в пределах допусков, установленных заводом-изготовителем. Как только в двигатель поступает газ, регулятор уменьшает подачу дизельного топлива, сохраняя номинальные обороты и обеспечивая необходимую выходную мощность. Система автоматизированного управления двухтопливным режимом позволяет обеспечивать автоматический перевод работы судовых двигателей с газового топлива на дизельное и ручной перевод работы судовых двигателей с дизельного топлива на газовое [4].

В этом же опыте была впервые применена технология быстросъемных криогенных модулей для хранения сжиженного природного газа на борту судна. Данная технология предусматривает погрузку уже заправленных быстросъемных криогенных модулей (рисунок 2) [4], которая решает вопрос технологического обслуживания модулей (заправки, расхолаживания, захолаживания, дегазации, слива, хранения СПГ и т. д.).



Рисунок 2 – Погрузка быстросъемных криогенных модулей со сжиженным природным газом [4]

Таким образом, бункеровка судов СПГ может осуществляться в любом месте, где возможна швартовка судна и есть место для установки погрузчика, которым производится замена модулей с СПГ.

При модернизации судна с целью использования СПГ в качестве основного топлива, помимо изменений, вносимых в СЭУ, также может потребоваться пересмотр части судовой документации и конструкции судна, например: системы судового пожаротушения, вентиляции помещений, топливных и балластных танков, системы бункеровки, автоматики и др.

Заключение

Поскольку мазут и высокосернистые виды топлива не удовлетворяют нынешним требованиям по нормам выбросов вредных веществ в атмосферу, а установки по очистке выхлопных газов носили временный и неэффективный характер, в мировом судоходстве намечается тенденция по адаптации существующих СЭУ под новый вид топлива – СПГ.

Стимуляторами массового перехода на СПГ могут являться многочисленные месторождения газа, его экологическая «чистота» и относительная дешевизна, при этом в мире пока наблюдаются трудности с конкурентоспособностью СПГ с точки зрения затрат на переоборудование судов и неразвитостью инфраструктуры бункеровки.

Основываясь на имеющемся опыте перевода судов на двухтопливный режим, можно сделать выводы, что существующие судовые двигатели и топливная ап-

паратура не требуют значительных изменений, при этом при использовании двухтопливного режима работы судового двигателя достигается снижение выбросов вредных веществ в атмосферу (по разным данным, от 20 до 40 %).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененная Протоколом 1978 года к ней (МАРПОЛ 73/78). ИМО, актуальная версия.
2. Реуцкий А. С., Буянов А. С. Доклад к V Конференции «СПГ-флот и СПГ-бункеровка в России», «Разработка требований по применению на судах в качестве топлива метанола и этанола».
3. Пакусаев М. Н. Влияние вида судового топлива на энергоэффективность судовой энергетической установки танкера-газовоза / М. Н. Пакусаев, В. Г. Букин, И. М. Абачараев, В. П. Ермолаев // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2019. – № 1. – С. 78–88. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-1-78-88.
4. Безюков О. К. Экологические проблемы эксплуатации водного транспорта и первый опыт создания отечественного судна на сжиженном природном газе / О. К. Безюков, Е. В. Макарьев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2016. – Т. 2. – № 1. – С. 98–108. УДК 621.431.36:629.5.03-08.
5. Петров А. П. Экологическая безопасность. Ограничение выбросов серы судовыми энергетическими установками / А. П. Петров, Г. Е. Живлюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2019. – Т. 11. – № 1. – С. 130–145. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-130-145.
6. Живлюк Г. Е. Техническое обеспечение для соответствия судовых энергетических установок новым требованиям 2021 г. по выбросам оксидов азота / Г. Е. Живлюк, А. П. Петров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2020. – Т. 12. – № 1. – С. 122–138. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-122-138.
7. Костылев И. И. Бункеровка как факт сдерживания применения газового топлива на судах / И. И. Костылев, Д. В. Коняев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2016. – Т. 5. – № 1. – С. 134–143. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-134-144.

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК НОРМИРОВАНИЯ ДОПУСКАЕМОГО ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РС И НЕКОТОРЫХ ИКО

Е. А. Морозова, ведущий инженер отдела конструктивной надежности и модернизации судов

А. Б. Петров, канд. техн. наук, главный специалист отдела конструктивной надежности и модернизации судов

Наиболее удобным способом вполне достоверной оценки металлоемкости при выполнении ремонтных работ являются методики определения допускаемых остаточных толщин и нормирования износов в рамках Правил РС и ряда ИКО. На базе этих методик проанализирован объем металлоемкости при выполнении ремонтных работ по замене изношенных элементов корпусных конструкций на примере некоторых рекласифицированных в РС судов. В ходе сравнения результатов анализа объема металлоемкости, полученных по методикам нормирования износов в рамках Правил РС и ряда ИКО, оценена возможность экономии металла при выполнении ремонтных работ при переходе из класса ИКО в класс РС.

Ключевые слова: старение корпуса, износ корпусных конструкций, допускаемые остаточные толщины, нормативы допускаемого износа, техническое состояние корпуса, металлоемкость.

Износ элементов корпусных конструкций

В процессе эксплуатации корпусные конструкции судна подвержены износу. Износ конструктивных элементов корпуса судна характеризуется остаточными размерами, определенными в результате замеров. Правилами классификационных освидетельствований судов в эксплуатации Российского морского регистра судоходства (далее – Правила РС) [1] регламентированы допускаемые остаточные размеры, при достижении которых необходим ремонт отдельных элементов корпусных конструкций. Наравне с РС иные классификационные общества (далее – ИКО) также нормируют допускаемый износ по отдельным конструктивным элементам судна.

В практике эксплуатации судов встречается износ элементов конструкции корпуса различных типов. Применительно к элементам корпусных конструкций судна износ подразделяется на общий, местный и язвенный (питтинг). При общем износе происходит примерно одинаковое уменьшение толщины элементов корпуса по всей их поверхности. Для оценки общего износа необходима сово-

купность замеров в определенных точках элементов. Местный износ характеризуется локальным уменьшением толщины элементов корпуса в виде износа канавочного, линейного или износа пятнами. Язвенный износ, обозначенный отдельно в Правилах РС, представляет собой локальное уменьшение толщины элемента корпуса в виде отдельных углублений, проржавлений, каверн и т. п. Наиболее показательным и существенным при оценке технического состояния судна является общий износ элементов конструкции.

Тип и величина износа зависят от таких факторов, как район и сезон плавания, особенности назначения и эксплуатации судна. Кроме того, различные элементы конструкции подвержены износу в разной степени, что напрямую зависит от типа судна. Наибольший износ конструктивных элементов наблюдается в районах, активно контактирующих с морской средой, то есть в районах переменных ватерлиний, а также с грузом в зависимости от его вида: насыпным или наливным. Например, для нефтеналивных судов характерен наиболее интенсивный износ продольных переборок, разделяющих грузовые трюмы, а для балкеров – поражение нижних частей трюма: как бортов, так и днища.

Методики нормирования допускаемого износа РС и ИКО

В качестве инструмента для анализа объема ремонтных работ по замене изношенных элементов корпусных конструкций в настоящей работе выбрано сопоставление методик нормирования допускаемых износов, так как последние дают наиболее удобный способ вполне достоверной оценки металлоемкости при выполнении ремонтных работ. Руководствуясь требованиями того или иного классификационного общества к показателям допускаемых износов, а также используя одобренную им методику нормирования, можно оценить фактическое техническое состояние судна и определить объем ремонтных работ.

При оценке состояния листовых конструкций нормируется допускаемая остаточная толщина, определяемая в миллиметрах (далее – ДОТ), а износ балок набора и ребер жесткости нормируется по моменту сопротивления и площади поперечного сечения.

Как показывает практика эксплуатации судов, листовые конструкции изнашиваются более интенсивно, чем балки набора. Это приводит к существенному увеличению объема работ при ремонте корпуса судна, так как листовые конструкции необходимо демонтировать вместе с прилегающим к ним набором. Кроме того, вес листовых элементов конструкции корпуса, как правило, существенно превышает вес балок. Поэтому в настоящей статье более подробно рассмотрены нормативы допускаемого износа листовых конструкций.

При общем износе ДОТ листовых конструкций $[S_1]$ в рамках Правил РС (п. 4.2.2.1 Приложения 2) [2] определяется по формулам:

$$[S_1] = m_1 \cdot (S - \Delta S), \quad (1)$$

$$[S_1] \geq m_2 \cdot S_{\min}, \quad (2)$$

где S – толщина листа, требуемая правилами постройки без учета требований к минимальной толщине;

ΔS – надбавка на износ, определяемая правилами постройки;

S_{\min} – минимальная толщина листа, требуемая правилами постройки;

m_1 и m_2 – коэффициенты, значения которых определяются для каждого элемента конструкции в отдельности с учетом типа судна и расположения рассматриваемого элемента по длине судна.

Кроме того, ДОТ листовых конструкций $[S_1]$ дополнительно должна удовлетворять условиям

$$[S_1] \geq 0.50 \cdot S_0 \quad (3)$$

для судов, построенных по Правилам РС, киль которых заложен ранее 1 октября 1990 года, и

$$[S_1] \geq 0.70 \cdot S_0 \quad (4)$$

соответственно, киль которых заложен 1 октября 1990 года или после этой даты, а также построенных по правилам ИКО или без технического наблюдения классификационных обществ.

В формулах (3) и (4) S_0 – построечная толщина листа. Независимо от результатов расчета по формулам (1) и (2) методика Правил РС в большинстве случаев лимитирует допускаемый общий износ листовых конструкций формулой (4), то есть 30 % от построечной толщины.

Методики ИКО также нормируют допускаемый износ по построечной толщине. Для анализа выбраны следующие ИКО:

- American Bureau of Shipping (ABS) [3], Lloyd's Register (LR) [4] и Indian Register of Shipping (IRS) [5] – регламентируют непосредственно допускаемый процент износа от построечной толщины элемента корпусной конструкции;

- Bureau Veritas (BV) [6] и Registro Italiano Navale (RINA) [7] – допускаемая остаточная толщина определяется по формуле:

$$(1-0,01 \cdot W)S_0, \quad (5)$$

где W – максимальный процент допускаемых износов;

- Det Norske Veritas (DNV) [8] – допускаемая остаточная толщина определяется по формуле:

$$kS_0, \quad (6)$$

где k – коэффициент уменьшения.

В таблице 1 приведен допускаемый износ для различных элементов корпусных конструкций по Правилам РС и ИКО.

Таблица 1 – Допускаемый износ

Элементы корпусных конструкций	РС, %	ABS ¹⁾ , %	BV, RINA ¹⁾ , %	DNV, %	LR ¹⁾ , %	IRS ²⁾ , %
Настил палубы	30	20 / 25 / 30	20 / 25 / 30	20	20 / 25 / 30	20
Днищевая обшивка	30	20 / 25	20 / 25	20	20 / 30	20
Настил второго дна	30	20 / 25 / 30	20 / 25 / 30	20	20 / 30	20
Горизонтальный киль	30	25	20 / 25	20	20 / 30	20
Ширстрек	30	20 / 25	20 / 25 / 30	30	20 / 30	25
Скуловой пояс	30	20 / 25	20 / 25	20	20 / 30	20
Бортовая обшивка	30	20 / 25 / 30	20 / 25	20	20 / 30	20 / 25
Внутренние конструкции и переборки	30	20 / 25 / 30	20 / 25 / 30 ¹⁾	20 / 25 ²⁾	20 / 25 / 30	20 / 25

¹⁾ Значения выбираются в зависимости от длины, типа судна и/или даты постройки.
²⁾ Значения выбираются в зависимости от типа элемента.

Из таблицы 1 видно, что по нормативам допускаемого износа РС величина большего износа для всех элементов конструкций однозначно ограничивается 30 %. Нормативы допускаемого износа классификационных обществ ABS, BV, RINA и LR варьируются в зависимости от длины, типа судна и/или даты постройки. Более жесткие требования предъявляются к танкерам, балкерам и контейнеровозам длиной 90 м и более и включены в программу расширенного освидетельствования. Причем, в то время как классификационные общества ABS, BV, RINA и LR допускают для некоторых элементов конструкций износ до 30 %, классификационные общества DNV и IRS практически для всех элементов конструкций устанавливают более жесткие требования к данному показателю – до 20 %.

Реклассификация судна в РС

В настоящее время на рынке судов наблюдается тенденция роста продаж судов, находящихся под надзором различных классификационных обществ. Как правило, сделка купли-продажи судна заключается вне периода освидетельствования. При этом покупка судна зачастую не сопровождается замерами остаточных толщин (далее – ЗОТ), и судовладелец продает судно с результатами последнего проведенного ЗОТ. В этом случае вероятность непрогнозируемой величины износа корпусных конструкций значительно увеличивается. То есть фактическое техническое состояние корпуса судна при покупке с реклассификацией остается неизвестным до наступления момента очередного освидетельствования. В ходе проведения ЗОТ может оказаться, что общий износ конструкций достаточно велик, что потребует от нового судовладельца дополнительных затрат на ремонт с большими финансовыми и временными потерями.

При покупке судна, находившегося под классом ИКО, часто практикуется переход в класс РС. Практика реклассификации в этом случае требует проведения большого количества трудоемких работ как по дополнительной проверке механических установок и систем, так и по разработке ряда технической и эксплуатационной документации. Как правило, финансовые затраты на приведе-

ние судна в соответствии Правилам РС могут оказаться значительно меньше затрат на ремонт изношенных корпусных конструкций по нормативам классификационного общества, осуществлявшего наблюдение за судном до его продажи. При этом в соответствии с п. 4.1.8 и п. 5.12.3 Правил РС [1] судовладелец может принять решение о сохранении нормативов допускаемого износа корпусных конструкций по методике ИКО или же о переходе на нормативы допускаемого износа по методике РС.

При переходе на нормативы допускаемого износа РС у судовладельца уменьшается вероятность необходимости проведения срочного ремонта корпусных конструкций судна, так как методика РС допускает на 5–10 % больший износ по сравнению с методиками ИКО (см. таблицу 1).

На рисунке 1 представлен график износа конструкций во времени до момента необходимости проведения ремонтных работ. В качестве определяющих принят допускаемый износ по методике РС – 30 % и по методикам ИКО – 20 %.

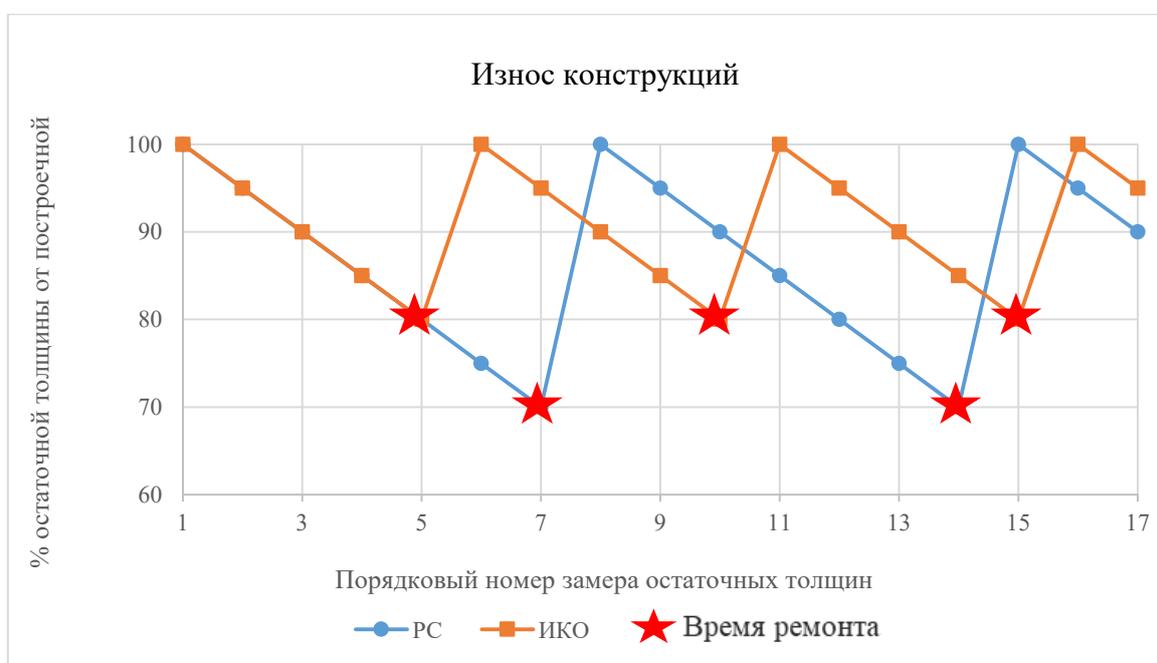


Рисунок 1 – График износа конструкций

По оси ординат на графике показано процентное соотношение остаточной толщины случайного конструктивного элемента от построечной. По оси абсцисс откладывается время эксплуатации судна, которое характеризуется проведением ЗОТ в рамках очередного освидетельствования, обозначенными точками на графике. С течением времени остаточная толщина конструктивного элемента достигает значений ДОТ, определенных по методикам РС (70 % от построечной) и ИКО (80 % от построечной). Затем элемент корпусной конструкции подлежит ремонту (на графике – красная звездочка), по завершении которого толщина конструктивного элемента вновь соответствует 100 % построечной толщины. По графику износа (см. рисунок 1) видно, что при опреде-

лении значений ДОТ по методике ИКО за один и тот же период требуется совершить три ремонта (на графике – красная звездочка на оранжевой линии), тогда как при определении ДОТ по методике РС необходимо только два (на графике – красная звездочка на синей линии).

Очевидно, что при сохранении нормативов ДОТ в соответствии с ИКО судовладельцу придется осуществлять более частый ремонт. И наоборот, переходя на нормативы ДОТ РС, судовладелец получает возможность реже ставить судно в док для ремонта корпусных конструкций. При этом значительно сокращается время простоя судна, что положительно сказывается на тайм-чартерном эквиваленте. Таким образом, переход на нормативы допускаемого износа РС в ряде случаев позволяет заметно повысить эффективность эксплуатации судна в долгосрочной перспективе.

Стоит отметить, что при переходе в класс РС и осуществлении более редкого ремонта корпусных конструкций затрагивается не только экономический, но и экологический аспект, то есть сокращается объем производства элементов корпусных конструкций и, соответственно, отходов отработанного металла.

Оценка металлоемкости ремонтных работ при использовании различных методик нормирования допускаемого износа

Ниже проведен анализ использования различных методик нормирования допускаемого износа некоторых корпусных конструкций, позволяющий оценить металлоемкость ремонтных работ при расчете ДОТ в соответствии с методиками РС и некоторых ИКО (RINA, DNV, BV). В анализе рассмотрены 5 судов различных типов, длины и дедвейта, перешедших из ИКО в класс РС (таблица 2).

Таблица 2 – Суда, участвующие в анализе

№ п/п	Тип судна	ИКО	Год постройки	Длина L , м	Дедвейт DWT, т
1	Генгруз	DNV	1992	76,95	2429
2	Нефтеналивное	DNV	1992	85,50	3893
3	Нефтеналивное	RINA	1994	80,90	2698
4	Нефтеналивное	BV	2004	110,97	7114
5	Рыботранспортное	DNV	1996	28,59	359

В ходе анализа для рассматриваемых судов определены ДОТ элементов корпусных конструкций в соответствии с методиками РС и ИКО. На примере одного из пяти рассмотренных судов проведен расчет ДОТ некоторых элементов корпусных конструкций. Для расчета выбран один из нефтеналивных танкеров (№ 2, таблица 2). Результаты расчета представлены в численном виде в таблице 3 и в графическом виде на рисунке 2.

Таблица 3 – ДОТ элементов конструкции корпуса нефтеналивного танкера

Элемент корпусных конструкций	Построечная толщина S_0 , мм	ДОТ (РС) $0,7S_0$, мм	ДОТ (DNV) kS_0 , мм	ДОТ (BV, RINA) $(1-0,01 \cdot W)S_0$, мм
Настил палубы	12	8,4	9,6	9
Палубный стрингер	14	9,8	11,2	10,5
Обшивка борта	17	11,9	13,6	12,75
Рамный шпангоут	10	7	8	7,5
Днищевая обшивка	12	8,4	9,6	9
Продольная переборка	10	7	8	7,5

Примечание:

$k = 0,8$ – коэффициент уменьшения для выбранного нефтеналивного танкера;

$W = 75$ – максимальный процент допускаемых износов для выбранного нефтеналивного танкера.

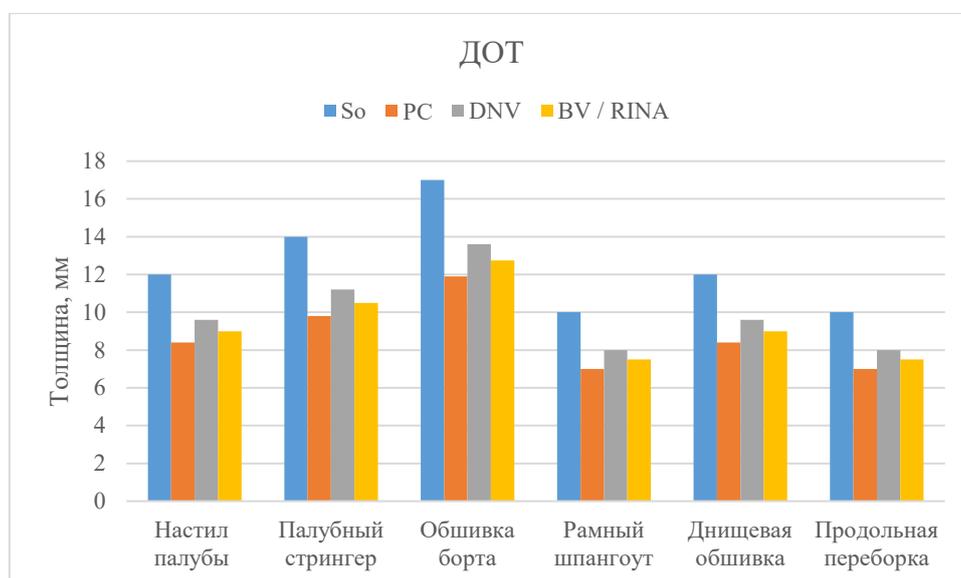


Рисунок 2 – ДОТ элементов конструкции корпуса нефтеналивного танкера

Из таблицы 3 видно, что значения ДОТ существенно различаются в зависимости от выбора методики нормирования допускаемого износа корпусных конструкций. Для наиболее четкого представления о металлоемкости при выполнении ремонтных работ проведен расчет веса отремонтированных элементов корпусных конструкций при ДОТ по методикам РС и ИКО. В таблице 4 приведены значения веса листовых элементов конструкции корпуса и балок набора, определенных по методикам нормирования допускаемого износа РС и ИКО, для всех пяти судов (см. таблицу 2). При этом полученная разница в весе представляет собой экономию металла при проведении ремонтных работ. Сводные данные по металлоемкости ремонтных работ также показаны в графическом виде на рисунке 3.

Таблица 4 – Сводные данные по металлоемкости ремонтных работ

№ п/п	Вес металла РС P_{PC} , т			Вес металла ИКО $P_{ИКО}$, т			Экономия металла ΔP , т		
	Листовые элементы	Балки набора	Сумма	Листовые элементы	Балки набора	Сумма	Листовые элементы	Балки набора	Сумма
1	243	11	254	292	12	304	49	1	50
2	365	48	413	416	52	468	51	4	55
3	340	45	395	364	48	412	24	3	27
4	764	98	862	812	106	918	48	8	56
5	50	3	53	57	3	60	7	<1	7

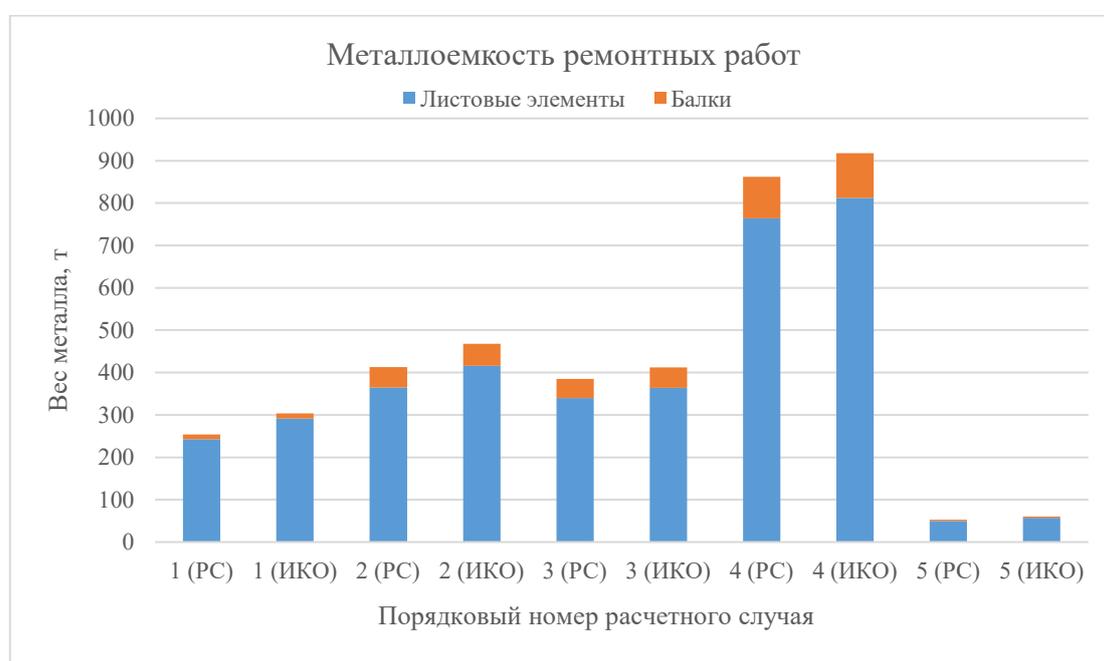


Рисунок 3 – Металлоемкость ремонтных работ

Оценка экономии металла (ΔP) на примере реальных судов в эксплуатации (см. таблицу 4) показала, что наибольшее значение ΔP достигается при переходе с нормативов допуссаемого износа DNV на нормативы РС. Например, для судна длиной около 80 м и дедвейтом около 3000 тонн экономия металла может составлять более 50 тонн.

Заключение

Выполненный анализ металлоемкости с помощью методик нормирования допуссаемого износа корпусных конструкций РС и некоторых ИКО показал, что переход на нормативы допуссаемого износа по Правилам РС является наиболее эффективным решением, обеспечивающим значительную экономию металла при выполнении ремонтных работ по замене изношенных элементов корпусных конструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации. – СПб.: РМРС, 2022. – 611 с.
2. Приложения к Правилам классификационных освидетельствований судов в эксплуатации. – СПб.: РМРС, 2022. – 153 с.
3. Rules for Survey After Construction. Part 7. – ABS, 2007. – 572 p.
4. Thickness measurement and close-up survey guidance Ver. 7.5. – LR, 2019. – 351 p.
5. Rules And Regulations For The Construction And Classification Of Steel Ships. – IRS, 2021. – 2182 p.
6. Rules for the Classification of Steel Ships, PART A – Classification and Surveys, NR 467. A1 DT R18 E. – BV, 2021. – 350 p.
7. Rules for the Classification of Ships, PART A – Classification and Surveys. – RINA, 2022. – 502 p.
8. Allowable thickness diminution for hull structure. DNVGL-CG-0182. – DNV GL, 2020. – 34 p.

Сборник научных трудов ЦНИИМФ

Редактор: В. В. Кошкина
Компьютерная верстка: И. В. Калиничева

Подписано к печати 26.05.2022 Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 7. Тираж 80 экз. Заказ № 1123/2018 ДС 15

Акционерное общество «Центральный ордена Трудового Красного
Знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт морского флота» (АО «ЦНИИМФ»)

191015, Санкт-Петербург, Кавалергардская улица, д. 6, лит. А