

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ВЫЗОВЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АРКТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ

А.А. Штрек

ООО «Акер Арктик Технолоджи», Санкт-Петербург

Анализируется опыт создания и эксплуатации современных крупнотоннажных арктических ледокольно-транспортных судов, приводятся основные тенденции их дальнейшего развития. Новые вызовы для проектантов связаны с существенным ростом грузооборота и планами по организации круглогодичных перевозок по всей трассе Северного морского пути, с ужесточением экологических требований к арктическим судам, а также в определенной степени с изменениями в законодательстве.

Ключевые слова: арктическое судостроение, ледокольно-транспортное судно, Северный морской путь, проектирование судов, ледовый класс, сжиженный природный газ

✉ alexey.shtrek@akerarctic.ru

УДК 629.5.01

DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10054

CURRENT TRENDS AND CHALLENGES FOR THE DESIGNING OF ARCTIC CARGO VESSELS

A. A. Shtrek

Aker Arctic Technology LLC, St.Petersburg

The experience of the designing and operation of modern large Arctic icebreaking cargo vessels is analyzed, the main trends of their further development are given. New challenges for designers are associated with a significant increase in cargo transportation volumes and plans for organizing year-round transportation along the entire Northern Sea Route, with stricter environmental requirements for Arctic ships, as well as to some extent with changes in legislation.

Keywords: arctic shipbuilding, icebreaking cargo vessel, Northern Sea Route, ship design, ice class, liquefied natural gas

Современный арктический транспортный флот России

Стремление судовладельцев минимизировать зависимость от услуг ледокольного флота, а также появление новых проектов по экспорту углеводородов из Российской Арктики, привели к созданию принципиально новых типов ледокольно-транспортных судов, способных обеспечить надежное, экономически эффективное и безопасное судоходство. Транспортные суда нового поколения, оборудованные полноповоротными винто-рулевыми колонками (ВРК), появились в Арктике после того, как в 2004 г. с целью сокращения расходов на транспортировку добываемой продукции ОАО «ГМК «Норильский никель» приняло решение о строительстве собственного транспортного флота взамен судов типа СА-15 (типа «Норильск»), построенных в 1980-х гг. Проект арктического контейнеровоза вместимостью 648 TEU, предназначенного для обеспечения круглогодичных перевозок грузов Норильского ГМК на арктической линии Мурманск–Дудинка, был разработан исследовательским центром Kvaerner Masa-Yards (в настоящее время – Aker Arctic Technology) в соответствии с концепцией «судна двойного действия» (Double Acting Ship – DAS) и рассчитывался на самостоятельное плавание во льдах юго-западной части Карского моря.

Головной дизель-электроход «Норильский Никель» (основные характеристики см. в табл.1) был построен на верфи в Хельсинки и успешно прошел сдаточные ледовые испытания весной 2006 г. [1] Затем на верфи «Нордик Ярде» было построено еще 4 судна этого проекта, и там же – арктический танкер «Енисей» по аналогичной проектной концепции, с такими же размерениями, обводами корпуса и пропульсивной установкой. Практически в это же время для вывоза сырой нефти с стационарного морского ледостойкого отгрузочного причала (СМЛОП) «Варандей» на верфи «Samsung Heavy Industries» были построены три челночных арктических танкера типа «Василий Динков», а для экспорта нефти, добываемой морской ледостойкой стационарной платформой (МЛСП) «Приразломная», «Адмиралтейскими верфями» в Санкт-Петербурге были созданы два челночных танкера типа «Михаил Ульянов». Основные характеристики обоих типов танкеров, имеющих некоторые отличия, обусловленные разными проектными подходами при одинаковом ледовом классе и дедвейте, приведены в табл.1. Компания Aker Arctic Technology выполняла модельные испытания в ледовом бассейне и создавала форму обводов корпуса этих судов, а также разработала технический проект танкеров типа «Михаил Ульянов» [2].

Таблица 1 - Основные характеристики ледокольно-транспортных судов для Российской Арктики, построенных в 21 веке

Название головного судна	Норильский Никель (Енисей)	Василий Динков	Михаил Ульянов	Кристоф де Маржери	Штурман Альбанов	Б.Соколов (Ю.Кучиев)	Audax
Количество судов в серии	5 + 1	3	2	15	7	1 + 1	2
Годы постройки	2006-09, 2011	2008-09	2010	2016-2019	2016-17, 2019	2018-19	2016
Страна-строитель	Финляндия, Германия	Корея	Россия	Корея	Корея	Китай, Финляндия	Китай
Ледовый класс	Arc7	Arc6	Arc6	Arc7	Arc7	Arc7	Arc7/PC3
Длина наибольшая, м	169	257,3	257,7	299	245	214 (229)	206,3
Ширина, м	23,1	34	34	50	34	34 (32,5)	43
Осадка проектная, м	9,0	14,0	14,0	11,7	9,0	11,7	7,5
Дедвейт, т	14500	70000	70000	80000	38000	43400	24500
Пропульсивный комплекс	1 Azipod	2 Azipod	2 Azipod	3 Azipod	2 Azipod	2 Azipod	2 ВРШ
Мощность на валах, МВт	13	20	17	45	22	22	24
Ледопроездимость, м (носом / кормой)	1,5 / 1,65	1,7 / 1,7	1,0 / 1,6	1,5 / 2,1	1,4 / 1,7	1,5 / 1,8	1,5

Следующим большим и важным шагом в развитии арктических транспортных судов стала реализация проектов по экспорту углеводородов из Обской губы. В первую очередь это проект «Ямал СПГ», предусматривающий строительство завода по сжижению природного газа в п. Сабетта и транспортировку СПГ и газового конденсата морским путем на рынки Европы и Азии. При самом активном участии Aker Arctic была создана проектная концепция газовоза ледового класса Arc7 вместимостью около 170 тыс. куб. м с пропульсивным комплексом из трех полноповоротных ВРК Azipod суммарной мощностью 45 МВт, предполагающая его движение в ледовых условиях как передним, так и задним ходом, а умеренные ледокольные носовые обводы также рассчитаны на приемлемые мореходные качества на чистой воде [3]. Головной газовоз «Кристоф де Маржери» успешно прошел ледовые испытания и принят в эксплуатацию в 2016 г., в настоящее время корейская верфь DSME завершает строительство этой серии (известной как тип «Ямал-макс») из 15 газовозов.

Специально для круглогодичной доставки крупногабаритных модулей для строительства завода по сжижению газа в Сабетте, по проекту Aker Arctic были также в кратчайшие сроки (около 2 лет от даты заключения контракта до сдачи, включая проектирование) построены на верфи GSI в г. Гуаньджоу два уникальных судна-тяжеловоза (Audax и Pugnax), имеющих дизель-электрическую установку с двумя валоподлинками от электродвигателей к винтам фиксированного шага. В процессе проектирования этих судов был применен целый ряд оригинальных решений, включающий оптимизацию балластной системы, не имеющую аналогов конструкцию широкой грузовой палубы со специальной системой подогрева и т.д. Использование этих судов, в 2016-2018 гг. круглогодично работавших в Карском море с использованием проводки атомными ледоколами, в значительной степени способствовало успешному завершению строительства и досрочному вводу в строй очередей завода «Ямал СПГ».

Для обеспечения вывоза газового конденсата из п. Сабетта греческим судовладельцем Dypasom под фрахт

компании «Ямал СПГ» были заказаны два специализированных танкера класса Arc7. При этом один из них – танкер «Борис Соколов», построенный по оригинальному проекту Aker ARC212 на верфи в Гуаньджоу, сдан в декабре 2018 г. и уже успешно работает на экспорте газового конденсата в Европу. Второе судно, отличающееся несколько меньшей шириной (исходя из ограничений построечного дока) и увеличенной длиной для обеспечения такой же грузоподъемности, спроектировано верфью Arctech в г. Хельсинки, и войдет в строй в ближайшее время. В начале мая 2019 г. специалисты Aker Arctic провели сдаточные натурные ледовые испытания танкера «Борис Соколов», подтвердившие высокие ледовые качества судна и возможности его круглогодичного самостоятельного плавания в ледовых условиях юго-западной части Карского моря.

С мая 2016 г. также успешно работает новый точечный терминал «Ворота Арктики», установленный компанией «Газпромнефть» в Обской губе для отгрузки нефти Новопортовского месторождения. Специально для вывоза нефти с этого терминала была создана серия челночных танкеров ледового класса Arc7 типа «Штурман Альбанов» с максимально возможным дедвейтом около 40 тыс. т по условиям ограничения осадки у м. Каменный около 9 м. В связи с увеличением объемов экспорта дополнительно к шести танкерам, успешно работающим на транспортировке сырой нефти до перегрузочного терминала в Мурманске в режиме самостоятельного плавания, а в припае Обской губы – в заранее проложенном атомными мелкосидящими ледоколами канале, было заказано еще одно судно этого типа, которое должно быть готово осенью этого года. Отработка формы обводов корпуса этих судов для обеспечения их эффективной работы в условиях экстремального мелководья при максимальных толщинах льда в Обской губе также осуществлялась в опытовом ледовом бассейне Aker Arctic. Основные характеристики транспортных судов для Российской Арктики, созданных в 21 веке, приводятся в табл. 1.

Анализ опыта создания современного арктического транспортного флота показывает, что на данный момент не существует технических препятствий для

проектирования транспортных судов различных типов (сухогрузы, танкеры, балкеры, газовозы и пр.) высоких ледовых классов (до Arc7 включительно) практически любого необходимого размера, оптимального для конкретной логистической схемы, способных осуществлять круглогодичные перевозки из Обь-Енисейского региона в западном направлении. Надо также отметить, что в этом году будет завершено строительство текущих серий арктических транспортных судов, которые обосновывались и проектировались несколько лет назад. Уже сейчас очевидно, что в 2020-21 гг. не будет построено ни одного нового арктического транспорта. Тем не менее, Правительством Российской Федерации заявляется дальнейшее увеличение объемов транспортировки по Северному морскому пути (СМП) до 80 млн. т (главным образом за счет новых проектов вывоза углеводородов), что потребует соответствующего увеличения транспортного флота. Ниже приводятся наиболее важные тенденции дальнейшего совершенствования арктического транспортного флота на основании современного уровня развития морской техники и анализируются основные вызовы для проектантов, которые необходимо принимать во внимание для того, чтобы новые суда были максимально эффективными и оптимальными для обеспечения планируемых объемов перевозок грузов по СМП и при этом отвечали самым современным национальным и мировым требованиям по безопасности и экологичности при эксплуатации в Арктическом регионе.

Основные тенденции развития арктического судоходства

На основании уже накопленного опыта создания арктических транспортных судов и прослеживаемых трендов при их проектировании можно отметить следующие основные тенденции, влияющие на дальнейшее развитие арктического транспортного флота:

- 1) Использование крупнотоннажных арктических транспортных судов.
- 2) Развитие круглогодичных перевозок по всей акватории СМП.
- 3) Использование транспортных схем с перевалкой грузов с челночных арктических судов на суда без ледового класса
- 4) Использование СПГ в качестве топлива на новых транспортных судах (не газовозах) и ледоколах.

К примеру, вместимость газовозов типа «Кристоф де Маржери» в 172 тыс. м³ соответствует наиболее распространенной вместимости новых конвенциональных (не имеющих ледового класса) СПГ-газовозов, что является существенным экономическим преимуществом, несмотря на возникшую необходимость проведения дноуглубительных работ на баре Обской губы и связанных с этим эксплуатационных сложностях, а также позволило организовать эффективную перевалку СПГ с судна на судно (ship-to-ship) в районе норвежского Хоннингсвога.

Для новых проектов по вывозу угля и нефти из Арктического бассейна в настоящее время рассматриваются, соответственно, балкеры и танкеры дедвейтом около 100-115 тыс. т. При этом основные ограничения связаны с наличием минимальных глубин на существующих рекомендованных трассах, причем ситуация усугубляется недостаточной гидрографической изученностью акватории Северного морского пути. Результаты расчетов проходных глубин на рекомендованной высокоширотной трассе СМП,

проходящей севернее Новосибирских островов, приведены в статье [4]. На их основании можно сделать вывод о том, что минимальная проходная глубина на этой трассе составляет 17 м, что соответственно ограничивает осадку судов величиной не более 16 м. По данным Администрации Севморпути, максимальная осадка, с которой когда-либо проходили суда по СМП, составила 15,4 м (танкер «Propontis», транзитный рейс в навигацию 2013 г.).

Тяжелые ледовые условия вынуждают суда отклоняться от рекомендованных путей как при самостоятельном плавании, так и под проводкой ледокола, при этом значительное удаление от рекомендованных путей в условиях мелководья повышает риск аварий, связанных с посадкой на мель или касанием грунта. Характерное описание такой ситуации приведено в публикации ААНИИ [5] по результатам рейсов газовозов типа «Ямал-макс» из Сабетты по восточной части Северного морского пути в июне-июле 2018 г. Соответственно, в случае организации круглогодичного плавания по СМП, когда такие отклонения могут быть регулярными, при существующем положении с исследованностью акватории СМП возникает потребность дополнительной оценки рисков и обоснованного выбора проектной осадки перспективных судов.

Кроме того, при наличии достаточно интенсивного движения в зимний период по трассам Севморпути появляется возможность использования постоянного канала, проложенного через обширную зону припайного льда, охватывающего архипелаг Новосибирских островов и прилегающие мелководные районы моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, с целью более стабильного прохода данного района с достаточно высокими скоростями. В этом случае для судоходства может быть использован маршрут через пролив Санникова, что налагает ограничение по осадке в 12 м [6].

Большое влияние на обоснование основных характеристик арктических транспортных судов, включая выбор их грузоместимости, формы обводов корпуса, мощности и типа пропульсивной установки, оказывает выбор оптимальной схемы транспортировки. Например, для проектов вывоза сырой нефти из мелководных районов Печорского моря и Обской губы по результатам комплексного технико-экономического обоснования однозначно более выгодной была признана схема с использованием челночных танкеров активного ледового плавания и организации перевалки нефти в районе Мурманска [7]. Однако аналогичные исследования наиболее эффективной схемы вывоза СПГ из Обской губы в западном направлении показали экономическое преимущество прямой транспортировки крупнотоннажными газовозами до портов Западной Европы [3]. Организованная в конце 2018 г. перевалка СПГ с судна на судно в районе Хоннингсвога была связана с более быстрым, чем планировалось, вводом очередей завода по сжижению газа и превышением плановых объемов экспорта. Однако в отношении планируемого круглогодичного вывоза СПГ из Обской губы уже в восточном направлении в страны юго-восточной Азии, с учетом существенно отличающихся ледовых условий и соотношения продолжительности эксплуатации во льдах и по чистой воде, вариант с организацией перевалки в районе Камчатки получает определенные преимущества.

Проектирование флота для круглогодичных перевозок по всей акватории СМП

Таким образом, в настоящее время первоочередным вызовом перед проектантами становятся новые планы по расширению сроков навигации в восточном направлении по СМП. Сейчас круглогодичное плавание в акватории СМП осуществляется только в юго-западной части Карского моря. По всей акватории СМП суда осуществляют плавание в основном в период с июля по ноябрь. При этом в последние годы ледовая обстановка в эти месяцы была достаточно благоприятной для осуществления транзитных рейсов и операций по доставке снабженческих грузов. Следует отметить также, что логистическая схема проекта «Ямал СПГ», используемая в данное время, предполагает экспорт специально построенными газовозами класса «Ямал-макс» в восточном направлении в течение не более 6 месяцев (с июля по декабрь). Более тяжелые условия круглогодичного плавания по всей трассе СМП диктуют следующие основные вызовы при проектировании новых судов:

- Повышенные требования к ледовому классу и ледопробитности.
- Увеличенная потребность в ледокольном обеспечении.
- Оптимизация совместной работы ледокольного и транспортного флота.

К положительным факторам в настоящее время можно отнести то, что в ближайшие годы в строй должны войти 3 универсальных атомных ледокола типа «Арктика» мощностью 60 МВт, ведется проектирование атомного ледокола-лидера мощностью 120 МВт. Также планируется строительство четырех линейных ледоколов мощностью 40-45 МВт, которые будут работать на СПГ. Проектная концепция такого ледокола (Aker ARC123) разработана Aker Arctic по заказу ФГУП «Росатомфлот». По идее Атомфлота, эти ледоколы с осадкой до 9 м, автономность которых при работе на СПГ будет составлять 30 суток, будут работать в основном в акватории Карского моря, Обской губы и Енисейского залива, осуществляя бункеровку СПГ на терминале в Сабетте, что позволит более активно использовать атомные ледоколы в восточной части СМП. В то же время, известно, что эксплуатация транспортных с использованием ледокольной проводки в более тяжелых ледовых условиях по сравнению с теми, в которых оно может эксплуатироваться самостоятельно, может привести к более высоким рискам повреждения корпуса. Также возникает необходимость поиска оптимальных способов проводки и организации караванов, что необходимо учитывать в процессе проектирования судна [8].

В качестве примера отсутствия достаточного опыта круглогодичной навигации в восточном районе Российской Арктики можно привести рейс танкера «Борис Соколов» и газовоза «Борис Давыдов» из Азии по трассе Северного морского пути в Сабетту в конце декабря 2018 – январе 2019 гг. Первоначально планировался самостоятельный переход танкера «Борис Соколов» на общем фоне достаточно благоприятных ледовых условий, в целом соответствующих возможностям танкера в плане его ледовой ходкости. Однако уже в самом начале ледового плавания в Беринговом и Чукотском морях судоводители столкнулись с рядом неблагоприятных ледовых явлений,

нехарактерных для традиционных районов западной части СМП, существенно замедливших продвижение судна. Учитывая ограниченность запасов бункера на танкере, было решено ждать подхода газовоза «Борис Давыдов», энергетическая установка которого использует перевозимый в грузовых танках СПГ, и обладающего существенно большей ледопробитностью при движении кормой вперед, и под его проводкой «Борис Соколов» прибыл в Сабетту 20.01.2019 г.

Планируемая в будущем организация круглогодичного экспорта СПГ из Обской губы в восточном направлении требует проведения специальных исследований, создания как новых ледокольных челночных газовозов, так и соответствующих мощных линейных ледоколов. В частности, это означает, что, например новые арктические газовозы, которые должны быть созданы для проекта «Арктик СПГ 2», по своей проектной концепции должны отличаться от газовозов типа «Кристоф де Маржери». Компания Aker Arctic уже ведет соответствующие проектные проработки в этом направлении, разрабатывая оптимизированные решения по главным размерениям, форме носовой оконечности и пропульсивному комплексу.

Согласно результатам ранее выполненных исследований, стоимость транспортировки углеводородов в Азию существенно выше, чем в Европу. Как показали технико-экономические расчеты, среднегодовая себестоимость доставки СПГ с Ямала на азиатский рынок в случае организации такой круглогодичной транспортировки, будет в 3-4 раза выше по сравнению с круглогодичной транспортировкой в Европу [9]. Оценочные расчеты по возможности вывоза сырой нефти из района Хатанги танкерами типа Афрамекс показали, что даже для такого варианта расположения экспортного терминала себестоимость доставки нефти до потребителей в Юго-Восточной Азии будет в 1,5 раза выше по сравнению с доставкой в порты Западной Европы [10].

Основным препятствием для развития транзитных перевозок контейнерных грузов по Северному морскому пути является необходимость обеспечить четкое расписание доставки грузов в круглогодичном режиме. Ранее компания Aker Arctic выполнила проектную проработку арктического контейнеровоза вместимостью 5000 TEU. Создание специализированного арктического контейнеровоза повышенной контейнеровместимости позволит в максимальной степени задействовать возможности перспективной контейнерной линии с использованием челночных транзитных перевозок контейнеров по Северному морскому пути между портами-хабами.

Использование СПГ в качестве топлива на арктических судах

Одним из наиболее эффективных методов уменьшения вредных выбросов в атмосферу является применение на судах газомоторного топлива, что позволяет полностью исключить выброс окислов серы и твердых частиц, снизить на 90% выбросы окислов азота и на 30%, уменьшить выбросы CO₂. Об этом свидетельствует быстрый рост числа судов мирового флота, использующих СПГ в качестве топлива. В настоящее время также обсуждается возможность полного запрета использования тяжелого топлива в Арктике.

Компания Aker Arctic, обладая передовым опытом

по проектированию ледоколов на СПГ, выполнила также ряд проработок с использованием СПГ на транспортных судах, показавших отсутствие технических препятствий для реализации такой возможности. Использование на судах высоких ледовых классов дизель-электрических энергетических установок – ДЭУ, являющееся стандартным решением, с двухтопливными среднеоборотными дизелями позволяет избежать резких колебаний нагрузки на двигатель. На танкерах и балкерах топливные танки для СПГ могут устанавливаться на открытой палубе, что не влечет за собой использования дополнительного пространства, на контейнеровозах танки для СПГ могут быть размещены только в корпусе судна, за счет чего несколько сокращается их контейнероёмкость.

Возможность использования СПГ как топлива на арктических судах ограничивается отсутствием системы бункеровки в Арктике. Одним из возможных проектно-логистических решений может быть создание и размещение вдоль трассы Севморпути нескольких плавучих хранилищ СПГ, которые могут использоваться как для снабжения газом арктических населенных пунктов, так и для бункеровки транспортных судов, следующих по трассам СМП [11]. В качестве первого шага можно рассматривать заявление ПАО «Новатэк» о намерении создать к 2023 г. перевалочный пункт на п-ове Камчатка мощностью 20 млн. т, исследовав возможность бункеровки СПГ перспективных челночных контейнеровозов на данном терминале.

Изменения в классификации ледовых классов Регистра и Правилах плавания по СМП

В качестве новых вызовов для проектантов следует отметить и внесенные недавно изменения в Правила классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра Судоходства (РС). Следуя идеологии и подходам международного Полярного Кодекса, Регистр удалил из раздела «Классификация» таблицы, в которых содержалась информация о допускаемых районах эксплуатации и условиях ледового плавания, характеристики ледовых условий и соответствующие режимы эксплуатации, для различных ледовых классов РС. В новой редакции Правил, доступной на сайте РС [12], теперь содержится только одна таблица, содержащая ориентировочные описания ледовых классов Регистра. По мнению Регистра, определение допустимого ледового класса исходя из конкретной ледовой обстановки в районе эксплуатации является прерогативой капитана порта, Администрации Северного морского пути или судовладельца, а выбор ледового класса проектируемого судна также должен быть обоснован его заказчиком или проектантом.

Следует отметить, что в целом данные изменения направлены на предоставление больших возможностей проектантам и операторам для обоснованного выбора наиболее подходящего уровня как ледовых усилений корпуса, так и пропульсивных параметров и прочих характеристик судна, базируясь на адекватной оценке всех рисков, применительно к расчетным районам эксплуатации судна. В то же время, важно сохранить правильное понимание того, насколько проектируемые суда будут соответствовать условиям эксплуатации. Надо отметить, что с первого взгляда на новую таблицу создается впечатление, что Регистр ужесточил

требования к собственным арктическим ледовым классам (например, в описании ледового класса Arc7 указывается плавание в зимне-весенний период навигации в сплоченном однолетнем льду толщиной до 1,4 м, при этом ледопробитность современных судов этого класса значительно выше и достигает 2,1 м – см. табл.1). Кроме того, режим ледокольной проводки теперь вообще вынесен за рамки классификации и целиком возложен на усмотрение судовладельца и проектанта. В этом случае необходимо, чтобы в Свидетельстве судна полярного плавания, выдаваемом классификационным обществом в соответствии с требованиями Полярного Кодекса, были достаточно четко указаны реальные возможные эксплуатационные ограничения при плавании во льдах для конкретного проекта судна.

Это означает, что проектантам надо будет еще более внимательно изучать правила плавания в тех районах, для которых проектируется судно полярного плавания, то есть в нашем случае – «Правила плавания в акватории Северного морского пути», в которые также в настоящее время готовятся изменения. Проект этих изменений был вынесен на обсуждение всех заинтересованных сторон [13] и находится в данный момент на согласовании в Правительстве. Из опубликованных материалов следует, что предполагается, в частности, послабить требования к допуску судов с ледовыми классами Arc4 и Arc5 к плаванию под ледокольной проводкой. Данные предложения основаны на накопленном опыте работы мощных атомных ледоколов с относительно небольшими судами, в частности с использованием буксировки вплотную в наиболее тяжелых ледовых условиях, что неприемлемо для крупнотоннажных судов, требующих особых методов их проводки ледоколами.

Заключение

Освоение месторождений углеводородов в Арктическом бассейне России привело к созданию принципиально новых типов крупнотоннажных транспортных судов арктического плавания, существенно превосходящих по своим эксплуатационным возможностям традиционные ледокольно-транспортные суда. Дальнейшее увеличение объемов экспорта, новые планы по организации круглогодичной навигации в восточном направлении по Северному морскому пути, а также современные экологические требования, ставят перед проектантами новые вызовы и задачи при создании судов, способных обеспечить надежное, экономически эффективное и безопасное судоходство в Арктике.

В качестве основного вывода можно отметить, что выбор оптимальных параметров и дальнейшее проектирование перспективных арктических транспортных судов должны основываться на результатах комплексного технико-экономического обоснования для каждого конкретного проекта, в процессе которого должны быть учтены ледовые и навигационные условия в районах эксплуатации, предполагаемые объемы перевозок и использование различных схем транспортировки, наличие и возможности ледокольного обеспечения, а также подробно проработаны все проблемные вопросы, связанные с особенностями их плавания во льдах.

Список литературы

1. G.Wilkman, M.Elo, L.Lonnberg, J.Kunnari. Ice trials of MV Norilskiy Nickel in March 2006 // Recent Development of Offshore Engineering in Cold Regions, Yue (ed.) (POAC-07), Dalian, China, June 27-30, 2007. ISBN 978-7-5611-3631-7
2. A. Iyerusalimskiy, P. Noble. Design Challenges for a Large Arctic Crude Oil Tanker //Proceedings of the 8th International Conference and Exhibition on Performance of Ships and Structures in Ice (ICETECH'08). Calgary, Canada, 2008, ISBN 978-0-9780896-1-0
3. Цой Л.Г., Андрияшин А.В., Штрек А.А. Обоснование основных параметров перспективных крупнотоннажных газозовозов для Арктики. //Проблемы Арктики и Антарктики. №3 (97). СПб., ААНИИ, 2013. С. 46-56.
4. Афонин А.Б., Ольховик Е.О., Тезиков А.Л. Разработка методов оценки проходных глубин на трассах Северного морского пути в зависимости от подробности съемки рельефа дна. //Водные пути сообщения и гидрография. Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. № 4 (32), 2015. С. 90-95. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-62-68.
5. Макаров Е.И., Бресткин С.В., Гаврилов Ю.Г., Лямзин М.О., Фоломеев О.В. Первое безледокольное плавание по трассе Северного морского пути танкеров типа Yamalmax в период ранней летней навигации. URL: http://www.aari.ru/misc/publicat/sources/33/RPR-33el_1_37-39.pdf (дата обращения 24.06.2019 г.)
6. Штрек А.А., Буянов А.С. Техничко-экономическое обоснование оптимальных параметров арктического контейнеровоза для транзитных перевозок по Северному морскому пути. //Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства, №42/43, 2016. С.23-30.

References

1. G.Wilkman, M.Elo, L.Lonnberg, J.Kunnari. Ice trials of MV Norilskiy Nickel in March 2006 // Recent Development of Offshore Engineering in Cold Regions, Yue (ed.) (POAC-07), Dalian, China, June 27-30, 2007. ISBN 978-7-5611-3631-7
2. A. Iyerusalimskiy, P. Noble. Design Challenges for a Large Arctic Crude Oil Tanker //Proceedings of the 8th International Conference and Exhibition on Performance of Ships and Structures in Ice (ICETECH'08). Calgary, Canada, 2008, ISBN 978-0-9780896-1-0
3. Tsoy L.G., Andryushin A.V., Shtrek A.A. Obosnovaniye osnovnykh parametrov perspektivnykh krupnotonnazhnykh gazovozov dlya Arktiki [Substantiation of principal parameters of prospective large capacity LNG carriers for the Arctic] // Problems of the Arctic and Antarctic. No. 3 (97). SPb., AARI, 2013. pp. 46-56. (in Russian)
4. Afonin A.B., Olkhovik Ye.O., Tezikov A.L. Razrabotka metodov otsenki prokhodnykh glubin na trassakh Severnogo morskogo puti v zavisimosti ot podrobnosti syemki relyefa dna [Development of methods for assessing the depth of passage on the routes of the Northern Sea Route, depending on the details of the bottom topography survey] // Waterways of communication and hydrography. Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet named after admiral S.O.Makarov. № 4 (32), 2015. p. 90-95. DOI: 10.21821 / 2309-5180-2016-8-4-62-68. (in Russian)
5. Makarov Ye.I., Brestkin S.V., Gavrilov YU.G., Lyamzin M.O., Folomeyev O.V. Pervoye bezledokol'noye plavaniye po trasse Severnogo morskogo puti tankerov tipa Yamalmax v period ranney letney navigatsii [The first icebreaker-free voyage along the Northern Sea Route of Yamalmax tankers during the early summer navigation period] (in Russian) URL: http://www.aari.ru/misc/publicat/sources/33/RPR-33el_1_37-39.pdf (access date 24.06.2019)
6. Shtrek A.A., Buyanov A.S. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye optimal'nykh parametrov arkticheskogo konteynerovoza dlya tranzitnykh perevozok po Severnomu morskomu puti [Feasibility study of the optimal parameters of the Arctic container ship for transit traffic on the Northern Sea Route] (in Russian) // Scientific and technical bulletin of the Russian Maritime Register of Shipping, No. 42/43, 2016. P.23-30. (in Russian)

7. Штрек А. А. Обоснование основных характеристик челночных танкеров для вывоза нефти из арктических районов. //Перспективные транспортные средства для Арктики. Сб. научн. трудов ЦНИИМФ. СПб, 2003. С. 94-100.
8. Цой Л.Г., Андрияшин А.В., Штрек А.А., Шерстнёва И.В. Исследование оптимальных характеристик перспективного арктического газозова для вывоза СПГ из п.Сабетта. //Техническая эксплуатация морского флота. Сб. научн. трудов ЦНИИМФ. СПб, 2012. С.3-15.
9. Штрек А.А. Выбор оптимального сценария эксплуатации при проектировании крупнотоннажных арктических транспортных судов. //Сборник докладов всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Р.Е. Алексева. НГТУ, Нижний Новгород, 23-24 ноября 2016 г. С.165-173.
10. Штрек А. Оценка возможности вывоза нефти из района Хатанги по СМП танкерами класса Aframax. // Offshore Russia, №1 (19), февраль 2018. С.24-27.
11. Климентьев А.Ю., Книжников А.Ю. Перспективы и потенциал использования СПГ для бункеровки в Арктических регионах России. //Всемирный фонд дикой природы (WWF). М., 2018. 48 с.
12. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов, часть I «Классификация» НД:2-020101-114/ Последнее обновление: 24.12.2018. URL: <https://lk.rs-class.org/regbook/rules?from=19> (дата обращения 24.06.2019 г.)
13. Проект ведомственного акта Минтранса России «О внесении изменений в Правила плавания в акватории Северного морского пути, утвержденного приказом Минтранса России от 17 января 2013 г. №7». URL: <http://portnews.ru/news/268150/> (дата обращения 24.06.2019 г.)

7. Shtrek A. A. Obosnovaniye osnovnykh kharakteristik chelnochnykh tankerov dlya vyvoza nefti iz arkticheskikh rayonov [Justification of the main characteristics of shuttle tankers for the export of oil from the Arctic regions] // Perspective types of vessels for the Arctic. Transactions of CNIIMF. SPb, 2003. P. 94-100. (in Russian)
8. Shtrek A.A. Vybor optimalnogo stsenariya ekspluatatsii pri proyektirovani krupnotonnazhnykh arkticheskikh transportnykh sudov [Selection of the optimal operating scenario for the design of large-capacity arctic transport vessels] // Proceedings of the all-Russian scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of R.Ye. Alekseev. NSTU, Nizhny Novgorod, November 23-24, 2016 P.165-173. (in Russian)
9. Tsoy L.G., Andryushin A.V., Shtrek A.A., Sherstnova I.V. Issledovaniye optimalnykh kharakteristik perspektivnogo arkticheskogo gazovoza dlya vyvoza SPG iz p.Sabetta [Investigation of optimal characteristics of perspective LNG carrier for Sabetta] //Technical operation of marine fleet. Transactions of CNIIMF. St. Petersburg, 2012. P.3-15. (in Russian)
10. Shtrek A. Otsenka vozmozhnosti vyvoza nefti iz rayona Khatangi po SMP tankerami klassa Aframax [Assessment of the possibility of exporting oil from the Khatanga area via NSR using Aframax class tankers] // Offshore Russia, №1 (19), February 2018. P.24-27. (in Russian)
11. Klimentyev A.YU., Knizhnikov A.YU. Perspektivy i potentsial ispol'zovaniya SPG dlya bunkerovki v Arkticheskikh regionakh Rossii [Prospects and potential of using LNG for bunkering in the Arctic regions of Russia] // World Wide Fund for Nature (WWF). M., 2018. 48 p. (in Russian)
12. Russian Maritime Register of Shipping. Rules for the classification and construction of ships, part I «Classification» ND: 2-020101-114 / Last updated: 12/24/2018. (in Russian) URL: <https://lk.rs-class.org/regbook/rules?from=19> (access date 24.06.2019)
13. The draft governmental act of the Ministry of Transport of Russia «On Amendments to the Rules of Navigation in the waters of the Northern Sea Route, approved by order of the Ministry of Transport of Russia of January 17, 2013 No. 7» (in Russian) URL: <http://portnews.ru/news/268150/> (access date 24.06.2019)