

Современные подходы к обеспечению навигации крупнотоннажных судов во льдах



А. А. Добродеев,
начальник сектора
ФГУП «Крыловский
государственный научный
центр» (КГНЦ)



Н. Ю. Клементьева,
канд. техн. наук,
ведущий научный
сотрудник КГНЦ



К. Е. Сазонов,
д-р техн. наук,
начальник лаборатории
КГНЦ

Разработка эффективных и безопасных транспортных систем для вывоза углеводородов из районов Крайнего Севера и Дальнего Востока – приоритетное направление развития транспорта РФ. Для эксплуатации таких систем, основанных на использовании крупнотоннажных судов ледового плавания, необходимы новые технологии их проводки ледоколами в ледовых условиях.

В результате многочисленных исследований установлено, что экономически эффективное транспортное освоение Арктики возможно при использовании крупнотоннажных судов ледового плавания [1]. Крупнотоннажные суда выгодно использовать не только для вывоза добытых на арктическом шельфе и прилегающих к нему территорий углеводородов, но и для транзитных рейсов через Северный Ледовитый океан. Современные крупнотоннажные суда ледового плавания отличаются от используемых ранее увеличенными главными размерениями, прежде всего, длиной и шириной корпуса. Отметим, что ширина корпуса крупнотоннажных судов в 1,5–2 раза превышает ширину существующих и строящихся ледоколов. Это обстоятельство делает практически невозможным использование традиционной

тактики плавания судов во льдах, когда ледокол в лидирующем положении прокладывает во льдах канал для движения судов. При использовании традиционной схемы проводки крупнотоннажное судно вынуждено доламывать не разрушенный ледоколом ледяной покров, что требует значительной мощности энергетической установки судна, а также достаточной прочности корпуса. Значения этих показателей оказываются сравнимыми со значениями соответствующих показателей судна, выполняющего одиночное плавание.

Сегодня во всем мире ведутся активные поиски технологий, которые могли бы обеспечить безопасное плавание крупнотоннажных судов в ледовых условиях. Можно выделить четыре основных подхода к решению этой проблемы, частично используемых или находящихся в стадии активной разра-



Рис. 1. Проводка танкера двумя ледоколами

ботки. Это проводка крупнотоннажного судна двумя ледоколами, использование судов двойного действия (DAS), разработка ледокола-лидера шириной около 50 м и поиск новых технических средств, обеспечивающих создание широкого канала во льдах. Рассмотрим особенности указанных подходов.

Проводка крупнотоннажного судна двумя ледоколами

Это один из немногих тактических приемов, который гарантирует относительно безопасную и эффективную проводку крупнотоннажного судна в ледовых условиях. Впервые такой способ стал применяться на Дальнем Востоке для проводки крупнотоннажных танкеров с минимальным ледовым классом (рис. 1). Применяя этот тактический прием, предприятие «Атомфлот» выполняет транзитные рейсы крупнотоннажных судов на трассе Северного морского пути. Грузопоток при этом вырос с 111 000 т в 2010 г до 1 355 897 т в 2013 г. [2].

При этом принципиально можно получить ледяной канал любой заданной ширины, что зависит только от поперечного расстояния между ледоколами. Движение проводимого судна происходит главным образом в крупнобитых льдах, которые образуются при сколе вторым ледоколом ледяного покрова в канал, проложенный первым ледоколом. Для выполнения практических расчетов, связанных с этим способом проводки, потребовалось уточнение методики определения ледового сопротивления судна, движущегося в крупнобитых льдах. В работе [3] была предложена новая методика определения ледового сопротивления судна, базирующаяся на решении уравнений движения судна и раздвигаемых им льдин. Из результатов расчетов по указанной методике следует, что при выполнении условия $B_s \leq B_1 + B_2$, где B_s , B_1 , B_2 – ширина, соответственно, проводимого судна, первого и второго ледоколов, проводимое судно не будет испытывать высокого ледового сопротивления. К недостаткам этого способа можно отнести относительно высокую стоимость проводки вследствие использования двух ледоколов.

Использование судов двойного действия (DAS)

В середине 1990-х годов финские специалисты выдвинули концепцию

судна двойного действия. Суть этой концепции заключалась в том, что носовая и кормовая оконечность судна проектировались на различные режимы движения: нос судна оптимизировался для получения хороших показателей ходкости на чистой воде (предполагалось, что он может иметь бульб), а форма кормовой оконечности обеспечивала движение во льдах. При разработке концепции был использован хорошо известный в морской ледотехнике эффект снижения ледового сопротивления при движении задним ходом [4]. Теоретическое объяснение этого эффекта, связанное с процессом омывания корпуса судна струями от движителей, содержится в работе [5]. Движение задним ходом традиционных ледоколов и судов ледового плавания лимитировалось конструктивными особенностями их движительно-рулевого комплекса. Обычные гребные винты фиксированного шага при реверсе развивали не более 70 % тяги переднего хода. Кроме того, при движении кормой вперед существовала большая вероятность поломки рулей. Поэтому концепция судна двойного действия могла появиться только после разработки финскими специалистами новых движительно-рулевых комплексов типа «Азипод». При их использовании реверс осуществляется поворотом на 180° винто-рулевого комплекса. Это обстоятельство позволяет развивать при движении задним ходом тяговые усилия, сравнимые по величине с тягой при движении передним ходом.

Первоначально идея судна двойного действия была реализована в нескольких проектах, например в проектах танкеров дедвейтом 106 100 т «Мастера» и «Темпера», которые эксплуатируются во льдах Финского залива. Установлено, что крупнотоннажные суда с бульбовой носовой оконечностью практически не могут передвигаться передним ходом в сплошных льдах. Это допустимо при эксплуатации судна в акваториях с относительно тонким ледяным покровом и при движении по каналам, проложенным во льдах, но не приемлемо для самостоятельного плавания в арктических условиях. У судов двойного действия современной постройки (например, «Норильский никель» и «Василий Динков») носовая оконечность имеет ледокольную или умеренно ледокольную форму, что позволяет судам работать во льдах, двигаясь как носом, так и кормой вперед.

Успешная эксплуатация этих судов в Арктике создает иллюзию «ледокольной независимости» судов двойного действия, возможности их успешного плавания в ледовых условиях без ледокольной поддержки. С этим мнением категорически не согласны специалисты предприятия «Атомфлот», которые считают, что это временное явление, обусловленное, прежде всего, исключительно благоприятными ледовыми условиями. Они подчеркивают: «В зимне-весенней навигации 2008–2009 гг. и далее с 2011 г. по настоящее время на Дудинском направлении „Норильский никель“ привлекает мелкосидящие атомные ледоколы типа „Таймыр“ для поддержания высоких эксплуатационных скоростей плавания своих судов в припае Енисейского залива и реки Енисей» [2, с. 110].

Авторы настоящей статьи полностью согласны с их мнением. На наш взгляд, опыт эксплуатации этих судов создает еще одну опасную иллюзию. Существует мнение, что не менее хорошими показателями ледовой ходкости будут обладать и крупнотоннажные суда ледового плавания. Другими словами, результаты, относящиеся к относительно небольшому «Норильскому никелю» и «Василию Динкову» (ширина корпусов 26,5 и 34 м, соответственно), экстраполируются на суда шириной 50 и более м. Подтверждением возможности подобной экстраполяции выступают результаты модельных испытаний, выполненных в ряде зарубежных ледовых бассейнов [6]. Необходимо отметить, что ни результаты расчетных исследований [7], ни данные модельных экспериментов в ледовых бассейнах КГНЦ и Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) не подтверждают этих выводов. Одна из возможных причин завышения значений показателей ледопроеходимости крупнотоннажных судов при движении во льдах кормой вперед изложена в работе [8].

По мнению авторов статьи, технология судов двойного действия может успешно применяться в относительно легких ледовых условиях. Высокие значения показателей ледопроеходимости при движении крупнотоннажных судов задним ходом во время ледового плавания – необходимое требование для создания условий их эффективной и безопасной эксплуатации во льдах. Представляется, что ледопроежимость

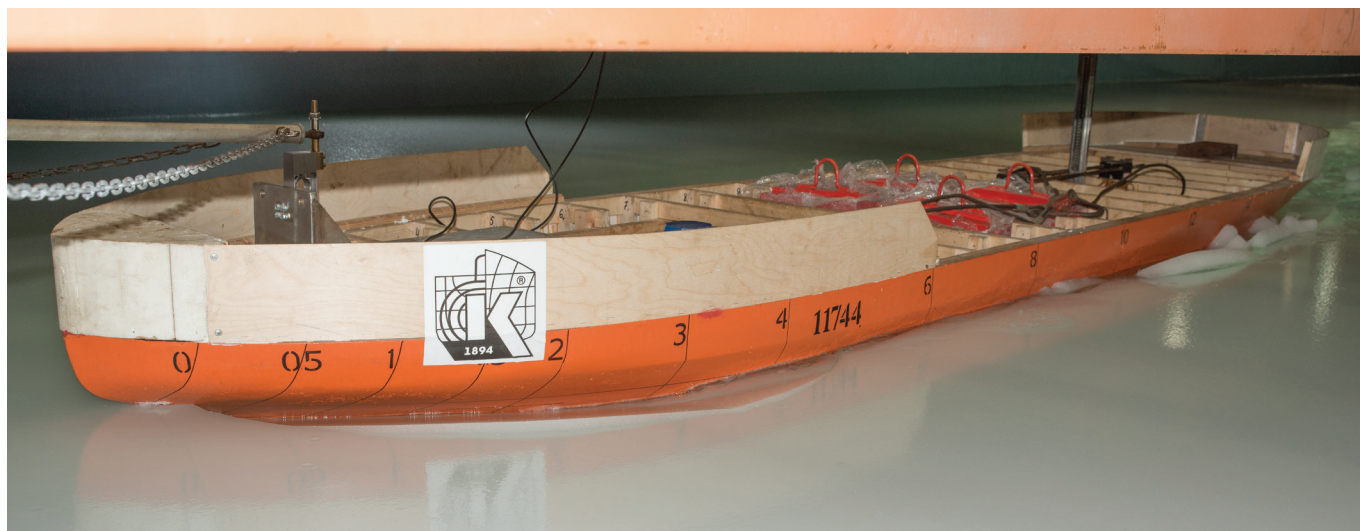


Рис. 2. Испытания модели ледокола-лидера в ледовом бассейне КГНЦ

крупнотоннажных судов при движении задним ходом должна быть не менее $0,7 \div 0,8$ от ледопроеходимости при движении передним ходом.

Разработка ледокола-лидера

Традиционное решение рассматриваемой проблемы заключается в создании атомного ледокола-лидера, способного прокладывать во льдах канал необходимой ширины. Такая работа ведется совместно с ЦКБ «Айсберг» в КГНЦ в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники». На начальных стадиях проектирования было принято, что мощность ледокола составляет 110 МВт, а ширина

близка к 50 м. На этой стадии разработки в ледовом бассейне КГНЦ были проведены расчетные исследования и модельные испытания (рис. 2) двух вариантов формы корпуса будущего ледокола, различающихся компоновкой движительно-рулевого комплекса. Были проведены испытания трех- и четырехвинтовых вариантов компоновки. Целью испытаний было изучение характеристик ледовой ходкости ледокола, а также особенностей взаимодействия винто-рулевого комплекса со льдом.

Результаты исследований подтвердили высокую ледопроежимость ледокола с выбранной формой корпуса.

По данным испытаний, его предельная ледопроежимость будет составлять 4 м. Создание атомного ледокола-лидера нового поколения можно рассматривать как одно из перспективных направлений в решении проблемы проводки крупнотоннажных судов по трассам Северного морского пути.

Разработка новых технических средств

С 2011 г. в КГНЦ совместно с ЦКБ «Айсберг» разрабатывают новые технические средства, позволяющие создавать на покрытых льдом акваториях широкий канал, по которому можно безопасно проводить крупнотоннажные



Рис. 3. Испытания трехкорпусного варианта нового ледокола в ледовом бассейне КГНЦ

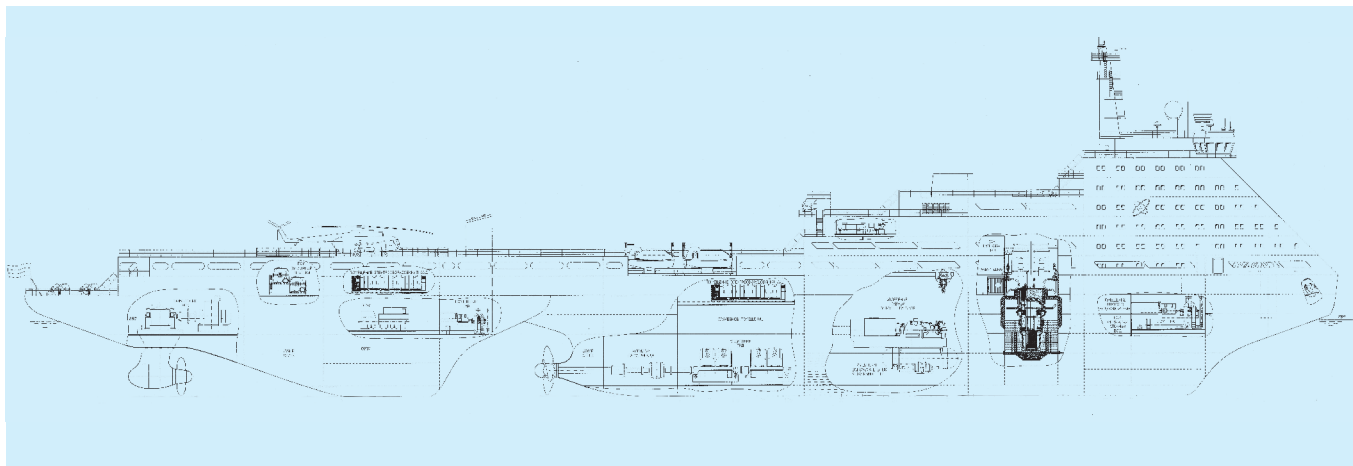


Рис. 4. Внешний вид варианта трехкорпусного нового ледокола

суда. Подобные исследования ведут во всем мире, прежде всего, в Финляндии.

В КГНЦ предложена концепция нового технического устройства – многокорпусного ледокола [9]. Это ледокол принципиально нового архитектурного типа, который может создавать ледяной канал шириной более 50 м. Работа ледокола осуществляется при потреблении меньшей мощности по сравнению с прокладывающим аналогичный канал ледоколом-лидером. Ледокол представляет собой техническое устройство, состоящее из трех или четырех ледокольных корпусов, установленных на единой платформе. Корпуса относительно небольшие, каждый из них сопоставим с корпусом среднего или малого ледокола. На каждом корпусе установлено по одному движителю (это могут быть винто-рулевые колонки). Важная особенность нового решения – взаимное расположение отдельных корпусов ледокола, позволяющее не только создавать широкий канал, но и снижать ледовое сопротивление, в результате понижается потребляемая судном мощность. Этим многокорпусный ледокол принципиально отличается от разрабатываемого финскими специалистами ледокола-тримарана, оборудованного аутригерами [10].

В ледовом бассейне КГНЦ были проведены модельные испытания трех- и четырехкорпусных вариантов моделей ледокола, подтвердившие правильность основных решений, а также снижение ледового сопротивления (рис. 3). Результаты экспериментальных и теоретических исследований ледовой прочности подтвердили возможность ее обеспечения как в четырех-, так и в трехкорпусных вариантах. Специалисты ЦКБ «Айсберг» проработали вопро-

сы размещения основного оборудования на новом ледоколе в трехкорпусном варианте (рис. 4). Так, атомная энергетическая установка размещается в головном корпусе. В оснащение головного корпуса входит традиционный движительный комплекс, а боковых корпусов – винто-рулевые колонки.

В настоящее время проект многокорпусного ледокола находится на стадии проработки. Ледокол может найти широкое применение для обеспечения морских перевозок в арктических морях. Специалисты КГНЦ предложили новые варианты несамоходных буксируемых и толкаемых систем, позволяющих создавать широкие каналы в морях с легкими ледовыми условиями и на внутренних водных путях [11].

Таким образом, в настоящее время единственным надежным способом проводки следует считать использование двух ледоколов. Ледокольные транспортные суда двойного действия могут считаться эффективными только в относительно легких ледовых условиях. Гарантировать эффективность и безопасность самостоятельного плавания крупнотоннажного судна во льдах с применением технологии двойного действия нельзя. Сегодня разрабатываются новые технические средства, приближающие решение рассматриваемой проблемы. ■

Литература

1. Дехтярук Ю.Д., Добродеев А.А., Сазонов К. Е. Некоторые вопросы создания морских транспортных систем для вывоза углеводородов из Арктики // Арктика: экология и экономика. 2013. № 2 (10). С. 84–91.
2. Смирнов А. А., Головинский С. А. Перспективы развития Северного морского пути (к 55-летию атомного

ледокольного флота) // Арктика: экология и экономика. 2014. № 4 (16). С. 108–113.

3. Сазонов К. Е., Добродеев А. А. Метод расчета ледового сопротивления судна при его движении в крупнобитых льдах и обломках ледяных полей // Тр. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. 2011. Вып. 63 (347). С. 73–80.
4. Игнатьев М. А. Гребные винты судов ледового плавания. Л.: Судостроение, 1966. 114 с.
5. Сазонов К. Е. Теоретические основы плавания судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2010. 274 с.
6. Цой Л. Г., Андрушин А. В., Штрек А. А. Обоснование основных параметров перспективных крупнотоннажных газозавозов для Арктики // Пробл. Арктики и Антарктики. 2013 № 3 (97). С. 46–56.
7. Лобачев М. П., Сазонов К. Е. Исследование некоторых аспектов гидромеханики судов двойного действия // Тр. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. 2005. Вып. 24 (308). С. 89–98.
8. Сазонов К. Е. Оценка изменений тяговых характеристик движительного комплекса судна, двигающегося задним ходом во льдах // Науч.-технич. сб. Рос. морского регистра судоходства. 2015. № 38–39. С. 97–100.
9. Пашин В. М., Апполонов Е. М., Сазонов К. Е. Новый ледокол для проводки крупнотоннажных судов. В чем преимущества? // Морской флот. 2012. № 1. С. 50.
10. Mård A. Experimental study of the icebreaking process of an icebreaking trimaran // Proc. 23rd Int. Conf. Port and Ocean Eng. under Arctic Conditions. Trondheim, Norway, 2015.
11. Добродеев А. А., Сазонов К. Е. Средства прокладки судоходных каналов во льдах // Мир транспорта. 2014. № 1 (50). С. 42–49.