

УДК 629.561.5: 629.5015.2

## **Буксируемое устройство для создания широкого канала во льдах при проводке крупнотоннажных судов**

*А. А. Добродеев<sup>1</sup>  
Санкт-Петербург*

Создание морской транспортной системы для вывоза продукции при добыче углеводородов на шельфе замерзающих морей России играет в настоящее время очень важную роль. Крупнотоннажные суда ледового плавания могут существенно повысить ее экономическую эффективность, но сложности, возникающие с обеспечением надежной и безопасной проводки судов с шириной существенно большей, чем ширина современных ледоколов, заставляют специалистов в области морской ледотехники разрабатывать различные технические средства для прокладки широкого канала во льдах. В данной статье описывается разработанное буксируемое устройство для разрушения ледового покрова при формировании широкого судоходного канала во льдах и перспективы его использования.

**Ключевые слова:** проводка крупнотоннажного судна, буксируемое устройство, ледокол, ледовый канал.

### **Towed arrangement for wide navigable ice channel formation at large tankers escort.** *Aleksey A. Dobrodeev. Krylov State Research Centre*

Marine transport system creation for production export at hydrocarbons on the Russian freezing seas shelf extraction is very important now. Large ice tankers can essentially raise economic efficiency of this system, but the complexities, arising with maintenance of a reliable and safe escort of wide tankers, force experts in ice to develop various arrangements for wide ice channel formation. At this article the developed towed arrangement for ice destruction at wide navigable ice channel formation and usage prospects is described.

**Keywords:** large tanker escort, towed arrangement, icebreaker, ice channel.

### *Введение*

Разработка концепций новых технических средств, позволяющих создавать широкий ледовый канал для проводки крупнотоннажных судов, является перспективным направлением в работе по созданию современной морской транспортной системы для вывоза углеводородного сырья из районов Крайнего Севера и Дальнего Востока, а также транзитного плавания в Северном Ледовитом океане. Требование по созданию широкого канала во льдах обусловлено тем, что современные ледоколы имеют ширину корпуса в 1,5-2 раза меньше, чем ширина предлагаемых к использованию в транспортной системе крупнотоннажных судов, что при использовании традиционной тактики плавания судов во льдах, основанной на лидирующем положении ледокола, вынуждает крупнотоннажное судно доламывать неразрушенные участки ледового покрова, а это, в свою очередь, отражается в не-

---

<sup>1</sup> *Добродеев Алексей Алексеевич*, аспирант, научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр», e-mail: [cnii\\_krylova@mail.ru](mailto:cnii_krylova@mail.ru), [54lab@krylov.sp.ru](mailto:54lab@krylov.sp.ru).



обходимости существенного увеличения мощности энергетической установки судна и обеспечения достаточной прочности его корпуса.

Во ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в рамках выполнения научно-исследовательских работ по ФЦП «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 гг» была разработана концепция и подана заявка на патентование буксируемого устройства для разрушения ледового покрова при формировании судоходного канала во льдах. В этой статье приводится подробное описание данного устройства, результаты модельных исследований в ледовом опытовом бассейне, а также перспективы его использования в замерзающих морях Дальнего Востока в сочетании с существующими ледоколами.

### *Описание буксируемого устройства*

2

Идея создания такого технического средства базировалась на результатах многолетних исследований ходкости ледоколов и судов ледового плавания в различных ледовых условиях. Когда возникла задача создания в ледяном покрове широкого канала, по которому безопасно могло двигаться крупнотоннажное судно, специалистам института стало ясно, что использовать для этой цели традиционный ледокол с увеличенной до нужных пределов шириной корпуса не эффективно. Дело в том, что ледовое сопротивление ледокола  $R_l$  пропорционально его ширине  $B$ , в некоторой степени  $R_l \sim B^k$ , где  $k \geq 1,2$ . Очевидно, что увеличение ширины ледокола приведет к резкому возрастанию потребляемой им мощности  $N$ , т.к.  $N \sim R_l^{3/2}$ . Поэтому были предприняты попытки найти другое решение.

Ряд теоретических и экспериментальных работ, посвященных исследованию механики движения судна в ледяном поле параллельно каналу, проложенному ледоколом, был выполнен в ледовом бассейне института [2]. При таком движении может быть достигнуто довольно значительное (до 50%) снижение ледового сопротивления по сравнению с одиночным движением судна. Величина этого снижения существенно зависит от расстояния между кромкой канала, проложенного ледоколом, и бортом судна. Снижение ледового сопротивления обуславливается тем, что судну легче разрушать ледяной покров в сторону проложенного ледоколом канала за счет образования крупных фрагментов льдин, которые практически не разрушаются корпусом, а сдвигаются в канал.

В итоге была сформулирована задача создания технического средства, обеспечивающего прокладку широкого канала в сплошных льдах. При этом необходимо было обеспечить создаваемому ледокольному средству ледовое сопротивление, которое было бы сопоставимо с ледовым сопротивлением ныне эксплуатируемых ледоколов. В противном случае способ проводки крупнотоннажных судов двумя ледоколами мог оказаться экономически более выгодным, чем использование нового технического средства.

В результате проведенных исследований было предложено новое ледокольное средство – буксируемое устройство для разрушения ледового с целью формирования судоходного канала во льдах [1]. Оно состоит из сим-



метрично расположенных относительно диаметральной плоскости устройства двух боковых ледокольных корпусов и центрального вспомогательного ледокольного корпуса. Ширина центрального корпуса по миделю равна не менее 0,2 аналогичной ширины боковых ледокольных корпусов. Все корпуса имеют наклонный форштевень и жестко соединены между собой рамой, причем боковые ледокольные корпуса выполнены относительно своей диаметральной плоскости несимметричными, а именно, их внешние борты, за исключением района носового заострения, являются прямостенными. Расстояние между их диаметральными плоскостями составляет не менее чем определяемое соотношением  $l = B_t + B_n + 14$ , м,

где  $B_t$  – ширина буксирующего судна;  $B_n$  – ширина боковых ледокольных корпусов буксируемого устройства для разрушения ледового покрова при формировании судоходного канала во льдах.

Выполнение корпуса буксируемого устройства для разрушения ледового покрова с двумя корпусами (третий корпус является вспомогательным и позволяет лишь обеспечить дополнительную прочность конструкции буксируемого устройства при движении во льдах) обеспечивает увеличение ширины прокладываемого судоходного канала во льдах не менее чем на 10 метров, по сравнению с шириной канала, проложенного однокорпусным ледоколом. Т. е. в предлагаемом решении разрушение ледяного покрова будут осуществлять три корпуса: корпус буксирующего судна и два корпуса буксируемого устройства (рис. 1).

Расположение боковых ледокольных корпусов симметрично относительно диаметральной плоскости буксируемого устройства для разрушения ледового покрова создает дополнительный эффект. Они будут разрушать лед, скалывая значительные его куски в канал, проложенный буксирующим их судном. Теоретические и экспериментальные исследования показывают [1], что в этом случае ледовое сопротивление корпуса составляет примерно 0,6 от полного ледового сопротивления одиночного корпуса.

Требование обеспечения минимального расстояния между бортами буксирующего судна и буксируемого устройства не менее 7 м обеспечивает свободный пропуск битого льда между корпусами [1] и исключает возможность буксировки ледяных нагромождений предлагаемым буксируемым устройством.

Выполнение внешних бортов боковых ледокольных корпусов буксируемого устройства прямостенными позволяет им сохранять устойчивость

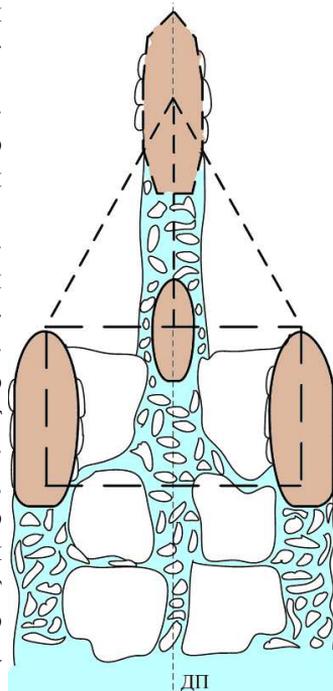


Рис. 1. Буксируемое устройство для разрушения ледового покрова

на курсе при движении во льдах, а внутренние борта, имеющие обтекаемую форму обводов, способствуют улучшению прохождения в пространстве между ними и центральным вспомогательным корпусом обломков битого льда. При этом наличие наклонного форштевня объясняется тем, что такая форма носового заострения наиболее оптимальна в ледовых условиях.

### *Результаты модельных исследований буксируемого устройства и перспективы его использования*

Для экспериментальной проверки работоспособности и эффективности нового технического решения в рамках выполнения ФЦП «Развитие гражданской морской техники на 2009 – 2016 гг.» была изготовлена и испытана в ледовом бассейне модель буксируемого устройства в масштабе 1:30. В натурном масштабе суммарная ширина двух корпусов составляет 27 м. Ниже приводятся некоторые результаты выполненных экспериментов.

2



**Рис. 2.** Модельный эксперимент с буксируемым устройством

Испытания модели буксируемого устройства включали в себя буксировочные испытания в сплошных ровных льдах толщиной 0,9, 1,5 и 2,1 м. В ходе проведения экспериментов измерялась сила сопротивления льда, действующая на каждый из корпусов устройства. В результате были получены зависимости ледового сопротивления буксируемого устройства от скорости движения в ровных льдах постоянной толщины. В ходе проведения экспериментов была измерена ширина канала за буксируемым устройством, и она составила 54–57 м в пересчете на натурные условия (рис. 2).

Полученные экспериментальные данные по ледовому сопротивлению буксируемого устройства (рис. 3) были сопоставлены с результатами модельных испытаний одного из вариантов однокорпусного ледокола типа «Москва» с заданными тяговыми характеристиками (рис. 4). Сопоставление проведено с учетом того, что ширина ледокола соответствует суммарной ширине корпусов буксируемого устройства.

Из анализа этого рисунка следует, что буксируемое устройство при равных условиях имеет ледовое сопротивление, примерно сопоставимое с сопротивлением однокорпусного ледокола. Проведенный анализ данных



ледового сопротивления, полученного в ходе модельных испытаний в ледовом опытном бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр», буксируемого устройства с данными ледового сопротивления дизель-электрического ледокола проекта 21900 с двумя полноповоротными винторулевыми колонками суммарной мощностью 16 мегаватт позволяет говорить о том, что такую систему можно использовать во льдах толщиной до 0,9 м для прокладки широкого канала с целью проводки крупнотоннажных судов.

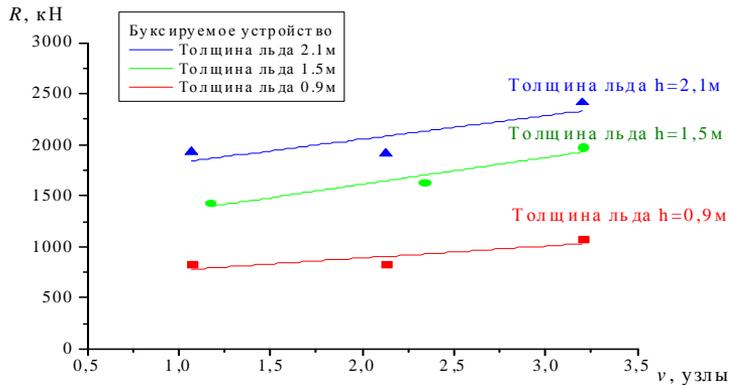


Рис. 3. Результаты модельных испытаний буксируемого устройства в ледовом опытном бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

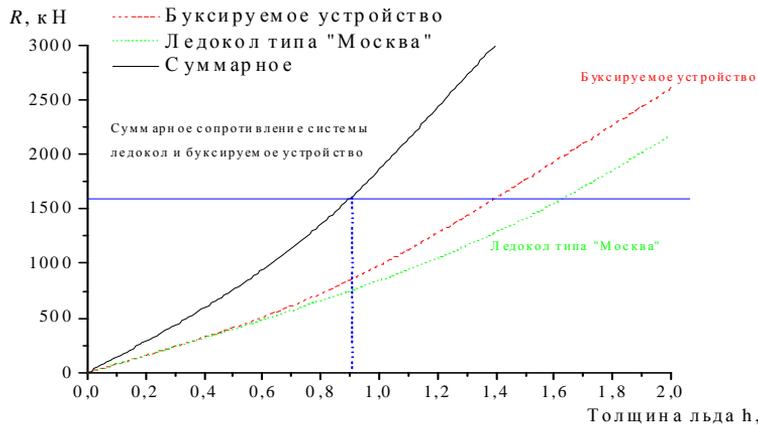


Рис. 4. Сопоставление результатов модельных испытаний буксируемого устройства и однокорпусного ледокола «Санкт-Петербург», полученных в ледовом опытном бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

На Дальнем Востоке известен опыт проводки крупнотоннажных судов с использованием двух ледоколов. Возможно, более экономически эффективным способом может стать использование разработанного буксируемого устройства, которое можно применять в сочетании с различными ледоколами. Предполагается, что при возникновении необходимости в проводке крупнотоннажного судна во льдах к ледоколу в порту подсоединяется бук-



сируемое устройство для разрушения ледового покрова, и оно отправляется на выполнение необходимых задач. При этом надо учитывать мощность ледокола для определения максимальных толщин льда, в которых данная установка может эксплуатироваться. После выполнения поставленных задач буксируемое устройство отсоединяется в месте его оттаивания.

### *Другие инновационные решения в области создания широких каналов*

В рамках выполнения научно-исследовательских работ по ФЦП «Развитие гражданской морской техники на 2009 – 2016 гг.» во ФГУП «Крыловский государственный научный центр» была также разработана концепция принципиально нового ледокола, который имеет возможность прокладывать во льду канал шириной 50 м и более (рис. 5). Особенностью предложенной конструкции ледокола является снижение ледового сопротивления на 30–40% по сравнению с гипотетическим традиционным ледоколом, который может создавать такой же по ширине канал. За счет этого новый ледокол будет иметь относительно небольшой уровень мощности. Двигательно-рулевой комплекс предполагается выполнить комбинированным, состоящим из традиционных двигателей и винторулевых колонок [3].

2



**Рис. 5.** Модельный эксперимент с новым ледоколом

В настоящее время во ФГУП «Крыловский государственный научный центр» проводятся комплексные исследования нового ледокола в области гидромеханики, ледовой ходкости и управляемости, а также предельной прочности и усталостной долговечности основных узлов конструкции. При испытаниях в ледовом бассейне большое внимание уделяется изучению процессов взаимодействия модели нового ледокола с торосистыми образованиями [4].

Предлагаемое устройство представляет собой три или четыре ледокольных корпуса, установленных на единой платформе. Особенностью корпусов является то, что они имеют относительно небольшие размеры, и каждый из них сопоставим со средним или малым ледоколом. На каждом из корпусов установлено по одному двигателю, причем на замыкающем корпусе может быть установлена винторулевая колонка, остальные корпуса



оборудованы традиционными гребными винтами. Принципиально возможно использование трехкорпусного ледокола. С точки зрения ледовой ходкости судов, четвертый корпус не дает никаких преимуществ, он добавляет лишь небольшое по величине ледовое сопротивление, связанное с его движением в мелкобитых льдах. Этот корпус был введен в конструкцию для обеспечения запаса плавучести всего ледокола и для обеспечения возможности движения задним ходом, что крайне важно для любого ледокола.

Важной особенностью предлагаемого решения является взаимное расположение отдельных корпусов ледокола друг относительно друга. Для нового ледокола предложено такое взаимное расположение корпусов, которое позволяет не только создавать широкий канал, но и снизить ледовое сопротивление. Бортовые корпуса находятся на таком удалении от канала, проложенного головным корпусом, что их ледовое сопротивление снижается примерно на 40%. Кроме этого, зазор между головным корпусом и бортовыми, а также между бортовыми и замыкающим выполнены таким образом, чтобы беспрепятственно пропускать мелкобитый лед.

### **Заключение**

На основании выполненных исследований можно сделать вывод, что специалистами ФГУП «Крыловский государственный научный центр» предложены буксируемое устройство для разрушения ледового покрова при формировании судоходного канала во льдах толщиной преимущественно до 1 метра, а также новое перспективное льдоразрушающее устройство – многокорпусный ледокол, способный создавать в достаточно тяжелых ледовых условиях ледяной канал шириной более 50 м. Для буксируемого устройства представлены данные по ледовому сопротивлению, а также описан принцип его работы и способ эксплуатации. На примере ледокола типа «Москва» получено максимальное значение толщины льда, равное 0,9 м, в которой может использоваться данная система. Основными районами использования разработанного устройства являются замерзающие моря Дальнего Востока, Балтийское море, а также моря Северного морского пути преимущественно в летне-весенний период.

### **Литература**

1. *Добродеев А.А., Сазонов К.Е. и др.* Буксируемое устройство для разрушения ледового покрова при формировании судоходного канала во льдах // Роспатент : рег. № 2012120875 от 22.05.2012.
2. *Сазонов К.Е.* Теоретические основы плавания судов во льдах. – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2010, 274 с.
3. *Сазонов К.Е., Добродеев А.А. и др.* Инновационные решения в области создания широких каналов для проводки крупнотоннажных судов во льдах. Тезисы III Международной конференции по развитию портов и судоходства «Транстек-2012». – Санкт-Петербург, 2012. – С. 21–24.
4. *Пашин В.М., Анполонов Е.М., Сазонов К.Е.* Новый ледокол для проводки крупнотоннажных судов. В чем преимущество? – СПб.: «Морской флот» № 1, 2012. – С. 50–53.