

ПРОБЛЕМЫ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ И ОКЕАНОТЕХНИКИ

УДК 629.12.

Е.М. Апполонов, К.Е. Сазонов, О.Я. Тимофеев

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРУПНОТОННАЖНЫХ СУДОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова

Приведен обзор исследований выполненных специалистами ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» в рамках развития научных программ отработки новых эффективных форм корпуса крупнотоннажных судов ледового плавания, применения модельного эксперимента для поиска и обоснования новых тактических приемов ледового плавания крупнотоннажных судов, разработки систем мониторинга состояния судна под воздействием ледовой среды, дальнейшего развития нормативной базы с учетом особенностей эксплуатации крупнотоннажных судов в Арктике.

Ключевые слова: безопасность, тактика плавания, форма корпуса, судно, лёд.

Обеспечению безопасности плавания судов во льдах всегда уделялось пристальное внимание. До настоящего времени основой безопасности было обеспечение надлежащей прочности корпуса судна ледового плавания и обязательное следование требованиям тактики плавания судов. Этим составляющие безопасности плавания постоянно совершенствовались.

Работа по созданию правил плавания во льдах (тактики) была начата, когда российские мореходы осваивали моря Северного Ледовитого океана. Плавание среди льдин на деревянных судах требовало от кормчих умения хорошо разбираться в ледовой обстановке, находить трещины и разводья в ледяном покрове, уметь уклоняться от губительных воздействий ледовых сжатий. В дальнейшем опыт мореходов поморов был использован при освоении Северного морского пути. Не случайно большинство известных полярных капитанов являются поморами. Появление ледоколов, способных идти "на пролом" во льдах, потребовало внесения существенных корректив в традиционную тактику ледового плавания. Эти коррективы разрабатывались постепенно по мере увеличения числа ледоколов и расширения географии их плаваний. Можно утверждать, что к последней четверти прошлого века главные положения тактики плавания судов во льдах, основанные на лидирующем положении ледокола, были эмпирически получены и обобщены, а также частично теоретически обоснованы. Появление в полярных морях атомных ледоколов не внесло принципиальных изменений в тактику ледового плавания. Закрепленные в различных руководствах и пособиях тактические приемы обеспечили возможность безаварийного движения судна в типичных ледовых образованиях под проводкой ледокола.

Учеными, специалистами в области строительной механики корабля, также был внесен существенный вклад в обеспечение безопасности полярного мореплавания. С самого начала 30-х годов прошлого века велись интенсивные исследования ледовой прочности судов. В разработке проблем ледовой прочности приняли участия такие ведущие специалисты, как академик Ю.А. Шиманский, член-корр. АН СССР П.Ф. Папкович, профессора В.В. Давыдов,

Л.М. Ногид и многие другие. В результате предпринятых усилий к 1956 г. были разработаны и внедрены Правила Регистра СССР, в которых были установлены требования к прочности судов ледового плавания. В дальнейшем эти нормы неоднократно дорабатывались и уточнялись. Внедрение нормативной базы позволило уже на стадии проектирования новых ледоколов и судов ледового плавания обеспечивать безопасность движения судов во льдах.

Таким образом, к концу XX в. безопасность мореплавания в замерзающих морях обеспечивалась нормативными требованиями к прочности корпуса судна и проверенной практикой тактикой ледового плавания. Следует отметить, что специалисты, занимающиеся изучением ледовой ходкости судов в ледовых бассейнах, практически не участвовали в работе по обеспечению безопасности.

В конце XX в. ситуация начала резко изменяться. Одним из важнейших направлений развития хозяйственной деятельности в полярных регионах становится разработка месторождений нефти и газа, расположенных на шельфе замерзающих морей. Эта деятельность предусматривает создание морских транспортных систем, предназначенных для вывоза добытой продукции, а также обеспечения снабжения добычных ледостойких платформ. Важнейшей особенностью таких транспортных систем является необходимость использования в их составе крупнотоннажных судов активного ледового плавания, т.к. только наличие таких судов обеспечивает экономическую эффективность системы. Крупнотоннажные суда ледового плавания имеют ширину корпуса, которая существенно больше, чем ширина корпуса любого из существующих или проектируемых ледоколов. А это означает, что традиционная тактика, основанная на лидирующем положении ледокола по отношению к проводимому судну, уже не может обеспечить безопасность мореплавания. Кроме этого, для улучшения экономических показателей системы предполагается более частое, чем это происходит в настоящее время, использование самостоятельных одиночных плаваний транспортных судов в ледовых условиях.

Необходимость создания морских транспортных систем, функционирующих в ледовых условиях, требует расширения понятия безопасности мореплавания. С точки зрения надежного функционирования такой системы нарушение графика ее работы является также опасной ситуацией. Из этого следует, что уменьшение скорости движения транспортного судна во льдах ниже некоторого предела или его временная остановка должны рассматриваться как нежелательные события.

Важнейшими технологическими операциями становятся швартовка и загрузка крупнотоннажных судов в ледовых условиях. Эти операции требуют выполнения судном сложных маневров при подходе к загрузочному терминалу, а также позиционирования в непосредственной близости от терминала во время загрузки при изменении гидрометеорологических условий (ветер, изменение направления дрейфа льда). При выполнении этих операций необходимо четкое взаимодействие судна с обслуживающими терминал вспомогательными ледоколами.

Можно констатировать, что на современном этапе возникают серьезные трудности с обеспечением безопасности плавания крупнотоннажных перспективных судов во льдах. Эти трудности связаны с отсутствием научно обоснованной или проверенной морской практикой тактикой плавания таких судов в ледовых условиях. Традиционные приемы использования ледокола как универсального средства для решения всех задач, связанных с навигацией во льдах, в новых условиях перестают быть эффективными. Приведем один пример. Хорошо известно, что для освобождения судна, затертого льдами при сжатиях, используется околка его ледоколом. При этом на последней стадии этой операции ледокол прокладывает перед носом судна канал, по которому начинает двигаться освобожденное от сжимающих усилий льда судно. Очевидно, что такой прием не применим для крупнотоннажных судов, так как ширина проложенного ледоколом канала меньше ширины судна. Поэтому, только начав двигаться, крупнотоннажное судно снова попадает в зону сжатий, с которыми самостоятельно

справиться не может. Применение одного ледокола для освобождения крупнотоннажных судов не эффективно, за исключением некоторых специальных тактических приемов, которые работоспособны при слабых сжатиях [1].

Сами же крупнотоннажные суда ввиду их конструктивных особенностей, а именно наличия развитой цилиндрической вставки с вертикальными бортами, не всегда могут демонстрировать хорошие ледовые качества. Наличие этого конструктивного элемента приводит не только к увеличению ледового сопротивления судна [2], но и существенно снижает его маневренные качества при движении в ледовых условиях [3]. Особенно сильно отрицательное влияние цилиндрической вставки сказывается при попадании крупнотоннажного судна в зону ледовых сжатий.[4]. Выше уже отмечалось, что в этой ситуации ледокол сопровождения практически не сможет оказать помощь проводимому судну.

Специалистами ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» разрабатываются различные подходы для решения указанных проблем и обеспечения на их основе безопасности функционирования современных транспортных систем в ледовых условиях. В настоящее время проводятся научные исследования в следующих направлениях:

- отработка новых эффективных форм корпуса крупнотоннажных судов ледового плавания;
- применение модельного эксперимента для поиска и обоснования новых тактических приемов ледового плавания крупнотоннажных судов;
- разработка систем мониторинга состояния судна под воздействием ледовой среды;
- дальнейшее развитие нормативной базы с учетом особенностей эксплуатации крупнотоннажных судов в Арктике.

Кратко рассмотрим основные результаты, полученные в ходе уже выполненных исследований.

Хорошо известно, что выбор оптимальной формы корпуса судна, эксплуатирующегося во льдах, позволяет существенно снизить его ледовое сопротивление, а также улучшить другие ледовые качества. Поэтому это направление исследований является перспективным и для крупнотоннажных судов активного ледового плавания. Результатом работ, выполненных в институте, является патент на форму корпуса крупнотоннажного судна ледового плавания [5]. Основная идея этой разработки заключается в предложении устанавливать на крупнотоннажных судах дополнительно к носовым римерам^{*)} (как это было сделано на арктическом танкере «Манхеттен») миделевые. Наличие миделевых римеров позволяет существенно улучшить показатели ледовой управляемости судна, а также снизить отрицательное воздействие ледовых сжатий на цилиндрическую вставку. Принцип работы миделевых римеров показан на рис. 1.

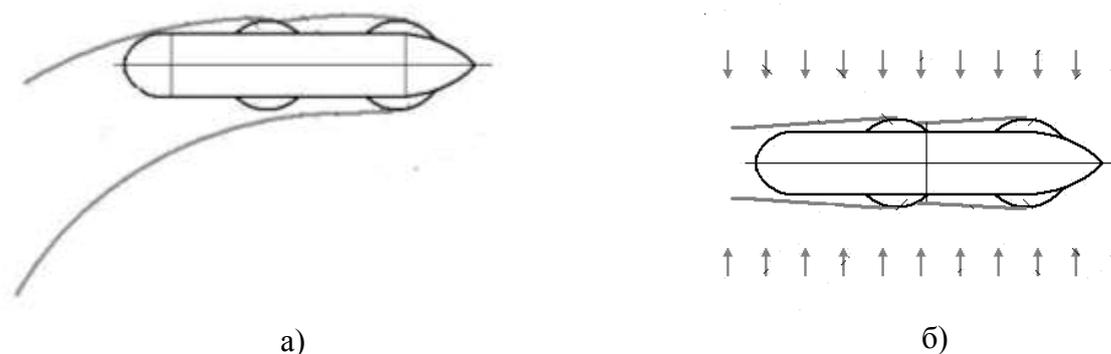


Рис. 1. Схема функционирования миделевых римеров при циркуляции судна во льдах при действии ледовых сжатий

^{*)} Ример – наделка на корпусе судна, увеличивающая его ширину.

Большое внимание в работе ледового бассейна ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова уделяется исследованиям различных тактических приемов взаимодействия крупнотоннажного судна с ледоколом, ширина корпуса которого меньше ширины судна. В экспериментах изучалась возможность движения судна по узкому каналу, проложенному ледоколом с доламыванием его кромок (рис. 2), и движение судна параллельно каналу, проложенному ледоколом (рис.3). Полученные при этом результаты позволяют сделать вывод о том, что и тот и другой тактический прием позволяют снизить ледовое сопротивление крупнотоннажного судна на 40 -50% от его сопротивления в аналогичных ровных льдах. В настоящее время трудно отдать предпочтение тому или иному тактическому приему из-за недостаточного объема проведенных экспериментальных исследований. Теоретические оценки показывают, что оба тактических приема имеют свои достоинства и недостатки. По всей видимости, при реальной эксплуатации будут использоваться оба приема. Одним из основных достоинств тактического приема движения судна параллельно каналу, проложенному ледоколом, является возможность оказания ледоколом помощи судну при его попадании в зону относительно легких сжатий.



Рис. 2. Движение крупнотоннажного судна по каналу, проложенному ледоколом



Рис. 3. Движение крупнотоннажного судна параллельно каналу, проложенному танкером

В российской практике в качестве эффективного способа повышения эксплуатационной надежности судов ледового плавания используются ледовые паспорта, представляющие судоводителю количественную информацию для выбора безопасного режима движения судна в различных ледовых условиях. Теоретический анализ показывает, что чисто расчетная экстраполяция существующей методологии обеспечения безопасности ледового плавания на крупнотоннажные суда, отличающиеся повышенным риском экологических катастроф, не может дать надежного результата. Одним из эффективных путей преодоления складывающейся кризисной ситуации является революционное развитие методологии обеспечения безопасности арктических танкеров и газовозов, ориентированное на органическое сочетание накопленного опыта составления ледовых паспортов с современными возможностями мониторинга ледовых воздействий [6].

На настоящем этапе роль натурных испытаний для арктических танкеров и газовозов должна сыграть новая технология мониторинга внешних силовых воздействий на корпус судна. Под системой мониторинга в общем случае понимается программно-аппаратный комплекс, позволяющий судоводителю оценивать силовые воздействия внешней среды на корпус в реальных физических или относительных величинах, отслеживать тенденции изменения такого воздействия и выдавать рекомендации по управлению судном. Как правило, система мониторинга состоит из следующих компонентов:

- сенсорный блок, или блок получения первичной информации о физических показателях взаимодействия отдельных подсистем и элементов корпуса судна;

- программный блок обработки полученных сигналов, получения абсолютных или относительных обобщенных показателей взаимодействия;
- программный блок обработки обобщенных показателей воздействия и формирование рекомендаций судоводителю.

На начальном этапе внедрения система ледового мониторинга должна органически дополнять ледовый паспорт, фактически выполняя роль мониторинга ледовых нагрузок при движении судна в различных ледовых условиях. Накапливаемая в ней статистическая информация о зафиксированных опасных воздействиях для конкретных ледовых условий и режимов движения судна создаст базу данных для совершенствования методологии определения ледовых нагрузок.

В дальнейшем, после накопления опыта эксплуатации, система ледового мониторинга будет дополняться новыми блоками, позволяющими прогнозировать реализацию опасных ледовых воздействий на основании сформированной базы данных и текущих замеров, а также включающими математическую модель движения арктических танкеров и газовозов во льдах. Взаимодействие блоков прогнозирования с усовершенствованной математической моделью движения судна во льдах позволит формировать для судоводителя обоснованные рекомендации по выбору безопасных режимов ледового плавания. Эта же накопленная информация даст материал для дальнейшего совершенствования нормативных требований РМРС применительно к судам активного ледового плавания, включая крупнотоннажные.

Библиографический список

1. **Сазонов, К.Е.** Проводка крупнотоннажных судов ледоколами в условиях сжатия льда // Морской вестник. 2006. №4(20). С. 83–85.
2. **Сазонов, К.Е.** Оценка вклада вертикальных бортов цилиндрической вставки в ледовое сопротивление судна // Морской вестник. 2008. №4(28). С. 110–111.
3. **Сазонов, К.Е.** Влияние цилиндрической вставки на ледовую ходкость и управляемость крупнотоннажных судов // Судостроение. 2004. №1. С. 18–22.
4. **Сазонов, К.Е.** Танкер и ледокол: сложение сил // Мир транспорта. 2007. №4. С. 50–59.
5. Пат. №2304543 РФ. Судно ледового плавания / Орлов О.П. [и др.]; опубл. 20.08.2007. Бюлл. № 23.
6. **Апполонов, Е.М.** Обеспечение ледовой прочности и безопасной эксплуатации судов в российских и замерзающих морях на основе комплексной системы формирования принципиальных инженерных решений / Е.М. Апполонов, А.Б. Нестеров, О.Я. Тимофеев / Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – Н. Новгород: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. 2008. Вып. 39(323). С. 69–89.

*Дата поступления
в редакцию 26.01.2010*

E. Appolonov, K. Sazonov, O. Timofeev

SAFETY OF EXPLOITATION LARGE DEADWEIGHT VESSELS IN ARCTIC TRANSPORT SYSTEM

Contains an overview of researches performed by specialists Federal State Unitary Enterprise «Krylov Shipbuilding Research Institute» in the development of research programs. This programs are concerning new efficient hull shape large vessels for ice navigation, the use of a model experiment to search for and study new tactics for ice navigation of large vessels, the development of systems for monitoring the status of the vessel under the influence of the ice environment, the further development of the regulatory framework taking into account the peculiarities of operation of large vessels in the Arctic.

Key words: safety, tactics navigation, hull shape, vessel, ice.