

## ЛЕДОВЫЙ ПАСПОРТ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СУДОВ – НЕОБХОДИМЫЙ ДОКУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В МОРЯХ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ

Сегодня, когда расширяются перспективы использования северного морского пути (СМП) для перевозки углеводородов, добываемых на арктическом шельфе России, что чрезвычайно важно для развития экономики нашего государства, проблема обеспечения безопасности мореплавания новых типов судов, в том числе крупнотоннажных танкеров и газовозов, приобретает особое значение. Важный вклад в решение этой задачи вносит ААНИИ, являющийся одной из ведущих научных организаций в России и в мире в области изучения различных аспектов взаимодействия судов и сооружений со льдом.

В 1955 г. в ААНИИ вступил в строй первый в мире опытовый ледовый бассейн. С использованием возможностей модельного эксперимента были разработаны полуэмпирические методы расчета сопротивления льда движению судна. Другими словами, были разработаны методы расчета скорости движения судна в различных ледовых условиях и, таким образом, положено начало самостоятельному направлению исследований – ледовой ходкости.

В 60-х гг. прошлого века в ААНИИ были решены теоретические задачи по определению усилий, возникающих при ударе судна о лед. Впервые появилась возможность на достаточно стройной теоретической базе рассчитывать ледовые нагрузки для разных сценариев взаимодействия. Расчет отклика конструкций на определенные таким образом ледовые нагрузки позволил определять способность конструкции выдерживать эти нагрузки. Так появилось еще одно важное направление – исследование ледовой прочности корпусов судов.

Развитие этих важнейших научных направлений привело к появлению в конце 60 х гг. идеи разработки документа, содержащего рекомендации по выбору безопасных и эффективных режимов плавания в заданных ледовых условиях для конкретного судна. Такой документ получил название «Ледовый паспорт» и впервые был разработан в 1974 г. для судов серии «Пионеры-Герои».

Основная идея выбора режима плавания состоит в сравнении двух скоростей движения, рассчитываемых для конкретного судна для данных ледовых условий. Сравнению подлежат безопасная и достижимая скорости:

– безопасная скорость – это максимальная скорость движения судна во льду, при которой не происходит повреждение корпусных конструкций под действием ледовых нагрузок;

– достижимая скорость – это максимальная скорость, которую судно может развить при движении в данных ледовых условиях при заданной мощности на валу (валах) безотносительно тому, ведет ли поддержание судном такой скорости к ледовым повреждениям корпусных конструкций или нет.

Таким образом, как меньшая из безопасной и достижимой скоростей, определяется предельная скорость – максимальная предписываемая ледовым паспортом скорость судна, которую оно может раз-

вить при движении во льдах, не получая ледовых повреждений корпуса.

За без малого 40-летнюю историю существования ледовых паспортов в ААНИИ было разработано около тридцати подобных документов для отечественных и зарубежных ледоколов и судов ледового плавания. И хотя базовая идея ледового паспорта сохранилась неизменной, расчетные методики за это время были существенно усовершенствованы.

Например, достижимая скорость определяется по эмпирическим зависимостям, разработанным по результатам натуральных и модельных испытаний ходкости во льдах судов различных типов. И если до середины 90-х гг. прошлого века расчеты выполнялись только для судов, имеющих традиционные для ледового плавания размерения и обводы корпуса, то за последнее десятилетие появились методики расчета ходкости во льдах крупнотоннажных судов, имеющих протяженную цилиндрическую вставку, вертикальный борт и бульб носовой оконечности.

Методы определения безопасных скоростей, составными частями которых являются расчеты ледовых нагрузок и прочности корпуса, также существенно изменились по сравнению с методами, использованными при подготовке первых ледовых паспортов. Для расчета ледовых нагрузок сейчас используется разработанное в ААНИИ специальное программное обеспечение, позволяющее моделировать движение судна в различных ледовых условиях и определять такие параметры ледовой нагрузки, как положение и размеры пятна контакта судна со льдом и ледовое давление. Расчет прочности при воздействии таких нагрузок выполняется с помощью универсальных программных систем конечно-элементного анализа, которые позволяют досконально учесть особенности конструкции. При определении прочности расчеты ведутся с использованием трех критериев:

– критерий упругости, при котором напряжения в материале корпуса не превышают предела текучести;

– критерий допускаемых пластических деформаций, при котором в наборе и обшивке возникают пластические деформации, но их величина не выходит за оговоренные Правилами Российского Морского регистра судоходства (РМРС) пределы;

– критерий устойчивости, при котором элементы конструкции не теряют устойчивости, с учетом их работы в упруго-пластической области.

Для соответствующих ледовых условий и режима движения судна определяется ледовая нагрузка в виде давления, приложенного на пятно контакта определенных размеров. Далее при заданных размерах пятна контакта производится расчет реакций корпусных конструкций на приложенное давление.

Рекомендации в ледовом паспорте представлены в виде графиков зависимости скорости от толщины льда. Каждый график соответствует определенным условиям эксплуатации судна – самостоятельное плавание или под проводкой ледокола, движение проис-

ходит в сплошном или битом льду, есть ли сжатия, торсисность и т.д. На рисунке показана схема типового графика из ледового паспорта. Наиболее важной информацией на диаграмме является кривая предельной скорости. Как правило, она состоит из двух участков. На первом участке (при толщине льда до 0,45 м) предельная скорость лимитируется достижимой скоростью, т.е. параметры судна таковы, что оно не может превысить эту скорость. На втором участке (при толщине льда более 0,45 м) предельная скорость ограничивается безопасной скоростью, т.е. ее превышение может повлечь за собой ледовые повреждения корпуса.

На схеме видны три зоны. Если при заданной толщине льда скорость судна оказывается в «зеленой зоне», то при таком режиме движения судно гарантированно не получит ледовых повреждений. Если скорость судна в «зоне риска» – то судно может получить пластические деформации, но стрелки прогиба будут в рамках, допускаемых Правилами РМРС. Попадание соотношения толщины льда и скорости судна в «опасную зону» означает, что и набор, и обшивка корпуса при таком режиме движения могут получить опасные повреждения. В целом рекомендуется не превышать предельную скорость, особенно на тех участках, где она лимитируется безопасной скоростью.

В связи с ростом интереса судовладельцев к работе крупнотоннажных судов в ледовых условиях, ААНИИ активно подключился к решению задач, связанных с данной проблематикой. Специалисты ААНИИ провели ряд исследовательских и прикладных работ в этом направлении, приняли участие в экспериментальных рейсах крупнотоннажных судов как в Арктике, так и в неарктических замерзающих морях. Это позволило адаптировать существующие расчетные методики для применения к судам больших размеров. С применением усовершенствованных подходов было разработано несколько ледовых паспортов для танкеров и газовозов водоизмещением более 100 тыс. т, например: в 2001 г. для танкера «Primorye», водоизмещением 122917 т, в 2003 г. для судна для перевозки сжиженного газа «Nigeria», водоизмещением 100928 т, и в 2010 г. для танкера «SCF Baltica», водоизмещением 137092 т.

Ледовый паспорт для танкера «Primorye» был разработан по заказу компании Exxon Mobil непосредственно перед экспериментальным рейсом танкера в Татарском проливе и заливе Анива. Одной из задач рейса была проверка корректности рекомендаций, содержащихся в ледовом паспорте. Эта задача была успешно выполнена. Следуя рекомендациям ледового паспорта, впервые крупнотоннажное судно низкой ледовой категории совершило рейс в ледовых усло-

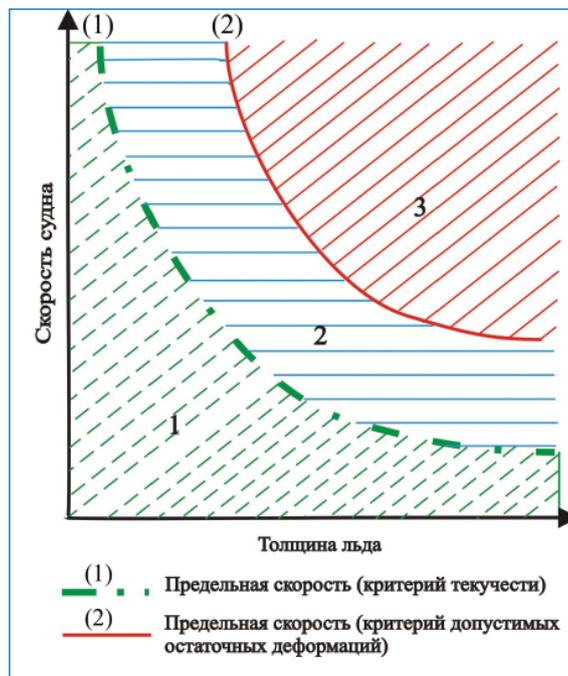


Схема типичной диаграммы ледового паспорта.  
1 – безопасная зона (без ледовых сжатий), 2 – зона риска,  
3 – опасная зона (возможно получение ледовых повреждений)

виях. Экстремальных навигационных ситуаций в рейсе не было, и судно ледовых повреждений не получило. В настоящее время в районе о. Сахалин ведется круглогодичная эксплуатация крупнотоннажных танкеров.

Ледовый паспорт для крупнотоннажного танкера «Балтика» был заказан судовладельческой компанией «Unicom Management Services (Cyprus) Ltd», перед выполнением демонстрационного практического рейса по трассе СМП из Мурманска в Китай в летнюю навигацию 2010 г. Паспорт содержал рекомендации по безопасным режимам эксплуатации танкера в ледовых условиях для трех различных осадок. По отзывам судовладельца, ледовый паспорт активно использовался в ходе рейса для выбора режимов движения судна.

Трансарктические рейсы танкеров «Балтика» в навигацию 2010 г. и «Perseverance» в навигацию 2011 г. подтвердили возможность использования таких крупнотоннажных судов для транспортировки углеводородов по трассе СМП на восток – в Японию, Китай и далее. Сложность эксплуатации судов водоизмещением более 100 тыс. т по трассе СМП состоит не только в их больших размерах – осадка до 20 м, а ширина больше ширины ведущего ледокола почти вдвое, но и в особенностях конструкции корпуса. Почти все такие суда имеют носовой бульб, что увеличивает сопротивление льда при движении с промежуточными осадками, а форма корпуса в районе перехода бульба в наклонную часть форштевня способствует увеличению ледовых нагрузок.

В заключение следует отметить еще один аспект использования ледовых паспортов. Общепринятое мнение о том, что глобальное потепление сделает ледовые условия в арктических регионах легче, а трассу Северного морского пути доступнее, может создать у ряда судовладельцев опасную иллюзию простоты плавания в Арктике. Крупнейшими факторами риска могут стать использование судов низких ледовых классов, необоснованный отказ от ледокольного сопровождения, отказ от практики использования специального гидрометобеспечения и ледовых паспортов. В таких случаях неизбежно повышение вероятности получения судами ледовых повреждений и возникновения более серьезных аварий, ведущих к нанесению экологического ущерба.

Ледовый паспорт – это практический продукт комплексной многолетней деятельности ААНИИ в направлениях ледовой ходкости и ледовой прочности. Его практическая необходимость признана отечественными и зарубежными судоводителями и судовладельцами.

*Н.А.Крупина, В.А.Лихоманов, А.В.Чернов (ААНИИ)*