

Преобладающее большинство морских судов, проектируемых и строящихся для отечественных заказчиков, имеет ледовый класс и предназначено для регулярной эксплуатации в арктических или замерзающих неарктических морях.

В настоящее время флот с классом Российского морского регистра судоходства (РМРС) насчитывает около 3000 судов ледового плавания. Более 500 судам присвоен ледовый класс Arc4 и выше, а более 40 судов относятся к ледоколам [1].

ФГУП «Атомфлот» является единственным в мире оператором атомного ледокольного флота, который состоит из новейшего универсального ледокола мощностью на валах 60 МВт «Арктика», двух ледоколов мощностью на валах 49 МВт «Ямал» и «50 лет Победы» и двух ледоколов мощностью на валах 32,5 МВт «Таймыр» и «Вайгач». Кроме того, в состав флота компании входят атомное ледокольно-транспортное судно (лихтеровоз-контейнеровоз) «Севморпуть», а также суда портового флота ледового класса для работы в рамках проекта «Ямал СПГ», включая дизель-электрический портовый ледокол мощностью на валах 12 МВт «Обь» [2].

ФГУП «Росморпорт» – крупнейший в мире оператор неатомного ледокольного флота, а его доля на отечественном рынке указанных судов превышает 80% (по количеству). Всего в хозяйственном ведении компании находятся 36 ледоколов, в том числе 16 линейных, 7 линейных мелкосидящих и 13 вспомогательных и портовых. Более 40% ледоколов закреплено за Северо-Западным бас-

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ ЧАСТЬ 1

Г.Е. Егузаров, начальник технического управления

ПАО «Выборгский судостроительный завод»,

В.В. Якимов, науч. сотрудник АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота»,
контакт. тел. +7 (921) 866 5189

сейновым филиалом, включая три введенных в эксплуатацию в 2015–2016 гг. дизель-электрических ледокола мощностью на валах 18 МВт типа «Владивосток», а также самый мощный (мощностью на валах 25 МВт) и большой (водоизмещением ок. 23 тыс. т) современный дизель-электрический ледокол «Виктор Черномырдин» [3].

Собственный и зафрахтованный флот группы компаний «Совкомфлот» насчитывает более 80 судов ледового плавания, что составляет примерно 60% от общего количества ее судов и делает крупнейшим оператором флота ледового класса. Указанные суда используются в том числе для морской транспортировки сырой нефти и сжиженного природного газа и обслуживания морских добывающих платформ в рамках масштабных комплексных проектов по освоению месторождений углеводородного сырья. Информация о составе флота ледового класса группы компаний «Совкомфлот», задействованного для работы в рамках соответствующих проектов, приведе-

на по состоянию на сентябрь 2021 г. в табл. 1 [4].

Можно упомянуть еще ряд крупных отечественных судоходных компаний, каждая из которых эксплуатирует более десяти морских транспортных судов ледового плавания, преимущественно сухогрузные суда различного назначения, имеющие дедвейт до 15 тыс. т, ледовый класс Arc4 и возраст более 20 лет. Информация о составе морского транспортного флота ледового класса соответствующих судоходных компаний приведена по состоянию на сентябрь 2021 г. в табл. 2.

Кроме судоходных компаний, собственный флот ледового класса имеет ряд крупных отечественных компаний, занятых добычей и переработкой топливных и рудных полезных ископаемых. Собственный флот горно-металлургической компании «Норильский никель» предназначен для вывоза товарной металлопродукции и снабжения промышленного района материально-техническими ресурсами. Он состоит из шести транспортных судов ледового класса Arc7 и де-

Таблица 1

Состав флота ледового класса группы компаний «Совкомфлот»

№ п.п.	Проект	Месторождения, акватория	Суда ледового плавания (количество, тип, дедвейт, ледовый класс, год постройки)
1	Приразломное	Приразломное нефтяное месторождение, Печорское море	2 челночных танкера типа «Михаил Ульянов»: Panamax, DW = 70 тыс. т, Arc6, 2010 г.
2	Варандей	Тимано-Печорское и соседние нефтяные месторождения, Печорское море	3 челночных танкера типа «Василий Динков»: Panamax, DW = 70 тыс. т, Arc6, 2008-2009 г.
3	Новый порт	Новопортовское нефтегазоконденсатное месторождение, Обская губа, Карское море	4 челночных танкера типа «Штурман Альбанов»: MR, DW = 41.5 тыс. т, Arc7, 2016 и 2019 г.
4	Ямал СПГ	Южно-Тамбейское газовое месторождение, Обская губа, Карское море	Головной газозов СПГ «Кристоф де Маржери»: Yamalmax, V = 172.5 м ³ , Arc7, 2016 г.
5	Сахалин-1	Нефтегазовые месторождения Чайво, Одопту и Аркутун-Даги, Охотское море	5 челночных танкеров типа «Павел Черныш»: Aframax, DW = 101 тыс. т, Ice2, 2005 г. 2 ледокольных судна снабжения платформ типа «Витус Беринг»: DW = 4.7 тыс. т, Icebreaker6, 2012--2013 г.
6	Сахалин-2	Пильтун-Астохское нефтяное и Лунское газовое место-рождения, Охотское море	2 газозова СПГ типа «Гранд Елена»: Conventional, V = 145 м ³ , Ice2, 2007--2008 г. челночный танкер «Залив Анива»: Aframax, DW = 103 тыс. т, Ice2, 2009 г. 2 челночных танкера типа «Залив Байкал»: Aframax, DW = 104.5 тыс. т, Ice2, 2009 г. 3 ледокольных судна снабжения платформ типа «Эндевор»: DW = 4.5 тыс. т, Arc6, 2006 г. Ледокольное судно снабжения платформ «Геннадий Невельской»: DW = 3.3 тыс. т, Icebreaker6, 2017 г. 3 многофункциональных ледокольных дежурных судна типа «Степан Макаров»: DW = 3.8 тыс. т, Icebreaker6, 2017 г.

Состав морского транспортного флота ледового класса судоходных компаний

№ п.п.	Судоходная компания	Суда ледового плавания				
		количество	тип	дедвейт максимальный	ледовый класс преобладающий	возраст средний
1	Северное морское пароходство	21	Унифицированные лесовозы, универсальные сухогрузные суда	10,5 тыс. т	Аrc4	23 года
2	Сахалинское морское пароходство	14	Специализированные контейнеровозы, универсальные сухогрузные суда, накатные суда	12,7 тыс. т	Аrc4	25 лет
3	Хатангский морской торговый порт	13	Универсальные сухогрузные суда, нефтеналивные суда	12,2 тыс. т (с/г) 17,3 тыс. т (н/н)	Аrc4	29 лет
4	Арктическое морское пароходство	12	Универсальные сухогрузные суда, навалочные суда	20,1 тыс. т (с/г) 43,7 тыс. т (н/в)	Аrc4	26 лет
5	Дальневосточное морское пароходство	12	Специализированные контейнеровозы, универсальные сухогрузные суда	13,9 тыс. т	Аrc4	20 лет

двейтом ок. 18 тыс. т, включая пять контейнеровозов типа «Норильский никель» и нефтяной танкер «Енисей», а также дизель-электрического ледокола [5]. Нефтяная компания «Газпром нефть» использует собственный флот для работы в рамках проекта «Новый порт». В его состав входят два ледокольных судна обеспечения мощностью на валах 21,5 МВт типа «Александр Санников» и три челночных танкера ледового класса Arc7 и дедвейтом ок. 41,5 тыс. т типа «Штурман Альбанов» [6].

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Плавание судна во льдах должно быть безопасным и тем самым гарантировать экономически обоснованную величину негативных рисков в отношении собственно судна, перевозимого груза, человеческой жизни, окружающей среды.

Как показывает практика, эксплуатация судов в ледовых условиях сопровождается повышенной повреждаемостью взаимодействующих со льдом элементов конструкций корпуса и пропульсивного комплекса. Ледовые повреждения, получаемые пропульсивным комплексом, приводят к уменьшению скорости хода или полной остановке судна во льдах, в связи с чем представляется целесообразным рассматривать их влияние на судно в целом, прежде всего, в контексте обеспечения эффективности эксплуатации. Ледовые повреждения, получаемые конструкциями корпуса, как правило, не вызывают тяжелых аварийных последствий для судна в целом, выявляются при доковом или водолазном осмотре и устраняются при очередном плановом ремонте. Случаи аварийного затопления судов, обусловленные возникновением в корпусе водотечных пробоев в результате воздействия льда, носят исключительный, единичный характер.

Таким образом, можно полагать, что вопрос выбора оптимального уровня повреждаемости конструкций корпуса при плавании судна во льдах находится в эко-

номической плоскости, а его решение определяется рациональным соотношением между затратами на ремонт поврежденных конструкций корпуса и затратами на строительство и эксплуатацию более материалоемкого (за счет ледовых усилений) судна. Кроме того, считается [7], что в рамках текущего технологического уклада лишена физических обоснований постановка задачи о полном исключении ледовых повреждений, получаемых конструкциями корпуса при эксплуатации судна в тяжелых ледовых условиях, прежде всего, в зимне-весенний период навигации в Восточном секторе Арктики.

На сегодняшний день возникновение в конструкциях корпуса отдельных, локализованных по площади ледовых повреждений при одновременном отсутствии ледовых повреждений массового характера интерпретируется как результат нормальной эксплуатации судна в ледовых условиях (так называемая концепция легализации отдельных повреждений). Известно, что в основу методологии проектирования конструкций ледовых усилений корпуса судов ледовых классов и ледоколов, принятой в действующих (с 1999 г. по настоящее время) требованиях «ледовых» Правил РМРС, положен комплексный критерий прочности, который представляет собой компиляцию физически обоснованных критериев предельной прочности и ограниченной пластической деформации. Использование критерия предельной прочности, описывающего переход конструкции в предельное состояние, гарантирует исключение массовых повреждений, а использование критерия ограниченной пластической деформации, описывающего недопустимое изменение геометрической формы конструкции, – удовлетворение нормативной вероятности реализации отдельных повреждений. Так, в действующих требованиях «ледовых» Правил РМРС применительно к конструкциям ледовых усилений корпуса установлен уровень повреждаемости, соответствующий реализации отдельных повреждений (при исключении массовых повреждений) примерно в 5% от общего количества

конструктивных элементов в течение всего срока службы судна [7]. Дальнейшее заметное снижение указанного уровня повреждаемости требует многократного повышения уровня предельной прочности конструкций корпуса, что непосредственно связано с чрезмерным и неоправданным утяжелением судна и вряд ли практически осуществимо.

Действующие требования «ледовых» Правил РМРС регламентируют минимально необходимый уровень ледовой прочности конструкций корпуса в зависимости от знака ледового класса судна [8]. Каждому ледовому классу в качестве интегральной количественной характеристики ставится в соответствие некоторая совокупность осредненных условий плавания судна во льдах (скорость хода судна во льдах, толщина и прочность ледяного покрова и др.) – так называемый базовый режим движения. При этом в рассмотрение вводятся два базовых режима движения – допустимый, превышение которого приводит к появлению в конструкциях первых пластических деформаций, и опасный, превышение которого связано с риском получения конструкциями повреждений в результате взаимодействия корпуса судна с ледяным покровом. Согласно принципу гарантии безопасности [9], присвоение ледового класса судну обеспечивает наличие стабильного гарантированного запаса между допустимыми и опасными условиями его плавания во льдах.

Таким образом, ключевая причина получения конструкциями корпуса ледовых повреждений – эксплуатация судна в более тяжелых ледовых условиях, не допустимых для присвоенного ему ледового класса. К другим значимым причинам, способствующим повреждаемости конструкций корпуса при плавании судна во льдах, следует отнести:

- человеческий фактор при проектировании конструкций ледовых усилений корпуса (допущенные конструктором ошибки и отступления от требований нормативной документации и др.);
- человеческий фактор при эксплуатации судна в ледовых условиях (допу-

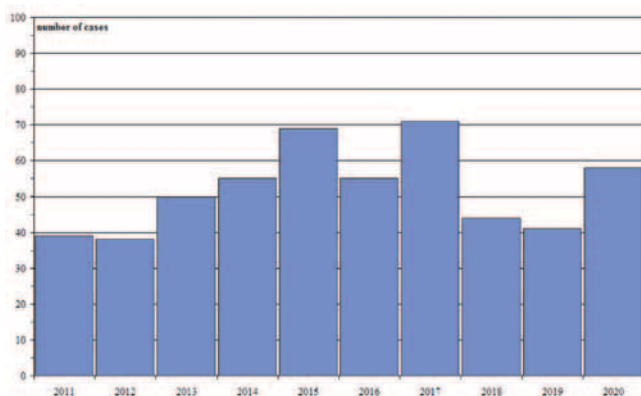


Рис. 1. Распределение общего количества инцидентов и аварий по годам

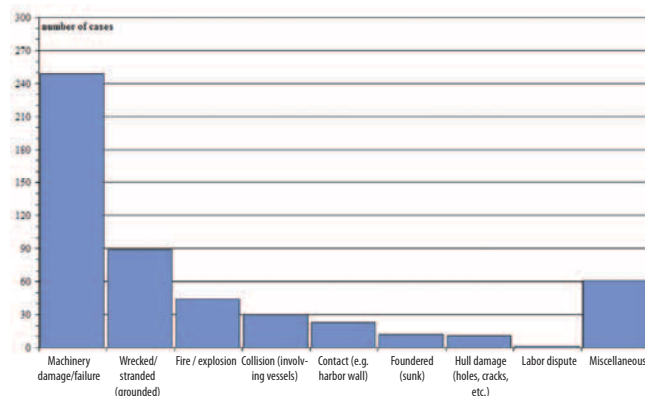


Рис. 2. Распределение общего количества инцидентов и аварий по причинам

ценные судоводителем ошибки в оценке ледовой обстановки и выборе скорости хода судна во льдах, неправильные решения в части тактики ледового плавания, пренебрежение рекомендациями по обеспечению безопасности ледового плавания и др.);

- эксплуатацию в ледовых условиях судна, конструкции корпуса которого в районах воздействия ледовой нагрузки ослаблены коррозионным износом и механическим истиранием;
- эксплуатацию судна в ледовых условиях на мелководье.

Известно, что эксплуатационные отказы на море, в том числе в покрытых льдом водах, приводящие к критическому снижению уровня безопасности и эффективности (например, неприемлемые ледовые повреждения или длительные простои судна во льдах), обуславливаются двумя основными факторами – действиями экипажа (человеческий фактор) и функционированием техники (технический фактор). Как следует из анализа инцидентов и аварий на море [10], произошедших за последние несколько десятков лет, преобладающая их часть (до 80% случаев) связана именно с человеческим фактором.

Традиционные методы обеспечения эксплуатационной надежности, ориентированные главным образом на совершенствование требований к конструкциям корпуса, устройствам, системам, механизмам и оборудованию, в значительной степени исчерпали свой потенциал, прежде всего, с точки зрения экономической отдачи. Дальнейшее повышение ее уровня представляется рациональным и целесообразным только на основе синтеза традиционных методов и современных технологий с обязательным учетом человеческого фактора [11]. Поэтому разработка любого обоснованного решения, которое в конечном итоге позволит снизить влияние человеческого фактора как ключевой причины эксплуатационных отказов, будет нести мультипликативный практический эффект.

В процессе многолетнего освоения Северного морского пути был накоплен ко-

лоссальный опыт работы отечественного флота в ледовых условиях арктических морей. Он охватывает строительство ледоколов и транспортных судов ледового плавания, имеющих достаточную мощность энергетической установки и прочные конструкции ледовых усилений корпуса; создание высокоточных систем навигационного и гидрографического обеспечения судоходства по трассам Северного морского пути с одновременной передачей и обработкой ледовой информации; разработку оптимальных тактик самостоятельного плавания судов во льдах и плавания судов во льдах под проводкой ледоколов с централизованным руководством ледовыми операциями из Штабов морских операций в Западном и Восточном секторах Арктики. Таким образом, был достигнут высокий уровень безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях. Например, как показывает практика, вероятность гибели судна на трассах Северного морского пути на порядок меньше вероятности его гибели в не покрытых льдом водах Мирового океана [12].

Согласно данным, опубликованным в отчете [13], за последнее десятилетие, с 2011 г. по 2020 г., в акваториях арктических морей было зарегистрировано 520 инцидентов и аварий, связанных с эксплуатацией судов, в том числе 58 случаев в 2020 г. За указанный период было утрачено 14 судов, в том числе 2 единицы в 2020 г. Следует отметить, что практически все погибшие суда имели незначительные размерения и относились к рыбопромысловому флоту. Распределение общего количества инцидентов и аварий по годам и по причинам показано на рис. 1 и на рис. 2 соответственно. Их годовое количество изменялось почти в два раза, от 38 случаев в 2012 г. до 71 случая в 2017 г. при среднегодовом значении, составляющем 52 случая, при этом явно выраженный тренд отсутствовал. Наиболее частой их причиной были отказы и повреждения механического оборудования, на долю которых пришлось почти 50% от общего количества случаев.

В настоящее время ведется активное промышленное освоение Арктической

зоны. Прежде всего, здесь реализуется целый ряд масштабных комплексных проектов по разработке месторождений углеводородного сырья на континентальном шельфе и вблизи береговой линии и по морской транспортировке сырой нефти и сжиженного природного газа по трассам Северного морского пути в западном и восточном направлениях. В связи с этим претерпевает изменение традиционная организация ледового судоходства, появляются новые тенденции, связанные с ростом объема и интенсивности грузоперевозок, эксплуатацией крупнотоннажных транспортных судов и мощных атомных ледоколов, использованием высокоширотных трасс плавания, продлением навигационного периода (вплоть до круглогодичного), переходом к новым тактикам ледового плавания, увеличением скорости хода судов во льдах и др. Указанные перемены происходят одновременно со стремительным развитием и внедрением во все сферы человеческой деятельности современных информационно-коммуникационных систем, технологий больших данных и искусственного интеллекта. Можно заключить, что вызовы и возможности настоящего времени актуализируют проблему обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях.

ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Безопасность плавания судна во льдах зависит прежде всего от его ледовых качеств, основными из которых являются ледовая ходокость и ледовая прочность.

В отличие от плавания по чистой воде, когда скорость хода судна определяется мощностью энергетической установки, выбор ее оптимального значения во льдах имеет свою специфику. Безопасность плавания судна во льдах, обеспечиваемая прочностью корпуса и пропульсивного комплекса, регламентируется классификационным обществом посредством присвоения судну соответствующего ледового класса в зависимости от его назначения и фактических условий

плавания. Вместе с тем на практике по тем или иным причинам судно может эксплуатироваться в более тяжелых ледовых условиях по сравнению с нормативными. В таком случае скорость хода судна во льдах должна дополнительно ограничиваться (снижаться) на основе требований к ледовой прочности, так как судно не может развивать полную мощность из-за повышенного риска получить повреждения взаимодействующих со льдом элементов конструкций корпуса или пропульсивного комплекса.

Поэтому у судов, предназначенных для эксплуатации в ледовых условиях, прочность корпуса и пропульсивного комплекса и мощность энергетической установки должны находиться в определенном соответствии. С одной стороны, прочность корпуса и пропульсивного комплекса должна быть достаточной, чтобы при плавании во льдах, в случае необходимости, судоводитель мог использовать полную мощность энергетической установки, не подвергая судно повышенному риску получить ледовые повреждения. С другой стороны, во избежание увеличения металлоемкости и снижения грузоподъемности судна прочность корпуса и пропульсивного комплекса не должна быть слишком избыточной, чтобы при плавании во льдах в случае работы энергетической установки на полную мощность соответствующий запас прочности не превышал минимально требуемое значение. К сожалению, применительно ко многим судам ледового плавания указанный баланс не соблюдается.

В настоящее время имеют место два основных используемых на практике подхода к обеспечению безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях:

- система оценки безопасных режимов движения во льдах на основе требований к ледовой ходкости и ледовой прочности, принятая в отечественной практике и воспроизводимая преимущественно при подготовке Ледовых сертификатов на суда ледового плавания;

- система оценки эксплуатационных ограничений в полярных водах на основе индексации рисков, принятая в западной практике и воспроизводимая преимущественно при подготовке Наставлений по эксплуатации в полярных водах судов ледового плавания.

Одним из базовых критериев, от которых зависит безопасность и эффективность эксплуатации судна в ледовых условиях и которые определяют основное содержание Ледового сертификата, является безопасная (безопасная возможная) скорость хода судна во льдах. Безопасная скорость хода – это максимальная скорость хода, которую конкретное судно может развить в заданных ледовых условиях при плавании самостоятельно или под проводкой ледокола, не полу-

чая ледовых повреждений. Безопасная скорость хода традиционно находится из сопоставления достижимой и допустимой скоростей хода и соответствует минимальной из них.

Достижимая скорость хода – это максимальная скорость хода, которую конкретное судно может развить в заданных ледовых условиях при работе энергетической установки на полную мощность. Достижимая скорость хода зависит от главных размерений судна, параметров формы корпуса, характеристик пропульсивного комплекса, технического состояния наружной обшивки, а также от параметров ледовой обстановки и физико-механических свойств льда.

Допустимая скорость хода – это максимальная скорость хода, с которой конкретное судно может двигаться в заданных ледовых условиях, не получая ледовых повреждений. С точки зрения ледовой прочности, допустимую скорость хода обычно рассматривают совместно с опасной скоростью хода – это максимальная скорость хода, с которой конкретное судно может двигаться в заданных ледовых условиях, не получая неприемлемых ледовых повреждений. Под неприемлемыми повреждениями здесь следует понимать массовые повреждения или отдельные повреждения с недопустимыми остаточными деформациями. Допустимая и опасная скорости хода зависят от водоизмещения судна, параметров формы корпуса, характеристик прочности элементов конструкций корпуса и пропульсивного комплекса, а также от параметров ледовой обстановки и физико-механических свойств льда.

Характерный график, иллюстрирующий процедуру определения безопасной скорости хода судна во льдах, представлен на рис. 3. Как можно видеть из рис. 3, вся совокупность режимов движения суд-

на во льдах разделяется в общем случае на следующие четыре зоны:

- зона нормальной эксплуатации судна («зеленая» зона), включающая режимы движения, которые являются доступными по требованиям к ледовой ходкости и при которых практически исключаются любые ледовые повреждения;
- зона рискованной эксплуатации судна («желтая» зона), включающая режимы движения, которые являются доступными по требованиям к ледовой ходкости и при которых становится возможной реализация отдельных ледовых повреждений с допустимыми остаточными деформациями (при исключении);
- зона аварийной эксплуатации судна («красная» зона), включающая режимы движения, которые являются доступными по требованиям к ледовой ходкости и при которых происходит реализация неприемлемых ледовых повреждений;
- зона невозможной эксплуатации судна («белая» зона), включающая режимы движения, которые являются недоступными по требованиям к ледовой ходкости.

Многолетний и успешный опыт использования Ледовых сертификатов, накопленный к настоящему времени, свидетельствует о следующем. Принятая в отечественной практике система оценки безопасных режимов движения во льдах на основе требований к ледовой ходкости и ледовой прочности позволяет, во-первых, обеспечить высокий уровень безопасности морских судов при плавании во льдах и, во-вторых, повысить эффективность работы флота в ледовых условиях. Целесообразность разработки Ледовых сертификатов на суда ледового плавания признана Российским морским регистром судоходства и Администрацией Северного морского пути. Кроме того, отечественный подход признан международным морским сообществом

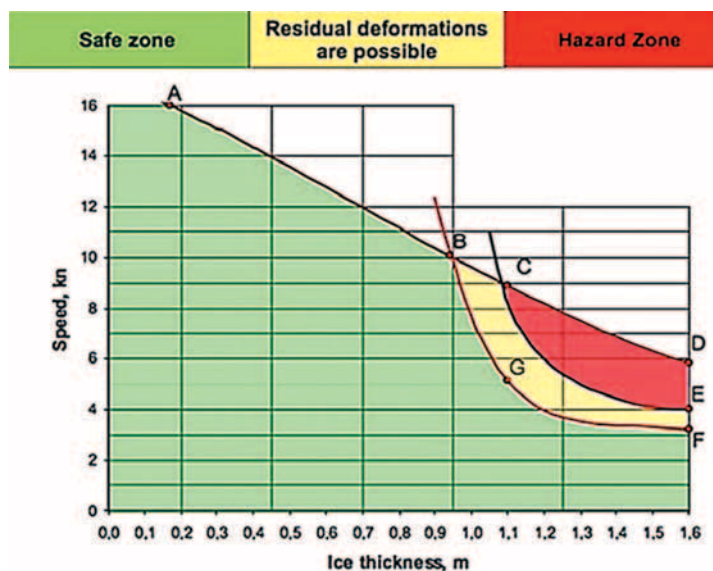


Рис. 3. Определение безопасной скорости хода судна во льдах: ABCD – кривая достижимых скоростей хода; BGF – кривая допустимых скоростей хода; CE – кривая опасных скоростей хода; ABGF – кривая безопасных скоростей хода

в качестве инструмента, который может быть задействован в рамках новой системы отношений, устанавливаемой Полярным кодексом [12]. Однако, по мнению авторов, конъюнктура, сложившаяся в последние годы на уровне Международной морской организации, способствует продвижению именно западного, риск-ориентированного подхода, в то же время отечественному подходу не уделяется должного внимания, несмотря на его физическую обоснованность, количественность и комплексность. При этом практически во всех случаях оба подхода используются независимо друг от друга, отсутствует достаточная степень их связанности и гармонизации.

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Ниже выявлены и проанализированы актуальные проблемы разработки и применения документации, регламентирующей безопасность эксплуатации судов в ледовых условиях, прежде всего в отношении Ледового сертификата.

Увеличение трудоемкости и срока подготовки документации составляет ключевую проблему для разработчика. Основная причина – необходимость рассматривать значительное количество сценариев взаимодействия корпуса судна и ледяного покрова и реализовывать для каждого из них однотипные расчетные процедуры в рамках принятой математической модели. Обычно учитываются не менее ста различных сценариев взаимодействия, но в некоторых случаях их количество может достигать нескольких сотен. Данный факт объясняется явно выраженной пространственно-временной изменчивостью параметров гидрометеорологической и ледовой обстановки на трассах плавания судна, разнообразием режимов плавания судна во льдах, геометрической неоднородностью и конструктивной неравнопрочностью корпуса по длине и высоте судна. Возможное техническое решение – разработка специализированного программного обеспечения, которое позволяет автоматизировать выпуск документации, применять унифицированные форматы данных, интегрировать отдельные программные модули и др. (например, программа для ЭВМ [14]).

Затруднение процедур поиска, восприятия и анализа необходимых данных (даже в случае их представления в структурированном и унифицированном виде) и связанное с этим снижение скорости принятия навигационных решений составляют ключевую проблему для пользователя. Основная причина – необходимость использовать значительный объем текстовой, числовой и графической информации, которую содержит твердая копия и/или электронная версия доку-

ментации (до нескольких сотен страниц). Возможное техническое решение – разработка специализированного программного обеспечения, которое позволяет автоматизировать на борту судна реализацию функциональных свойств документации, а также поиск, извлечение и визуализацию необходимых данных, соответствующих фактическим условиям плавания судна во льдах (например, автоматизированный Ледовый паспорт [15]).

Уменьшение возможности для корректировки методического обеспечения, пополнения баз данных, улучшения формы представления данных и др. на основе результатов эксплуатации судна составляет ключевую проблему, общую для разработчика и пользователя. Основная причина – ограниченная непосредственная коммуникация между разработчиком и пользователем. Обычно их активное взаимодействие осуществляется только на этапах разработки, согласования и приема-передачи документации, после чего преимущественно прерывается. Возможное решение находится не столько в технической, сколько в социальной плоскости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая статья носит концептуальный характер и содержит первую часть материала, подготовленного авторами для публикации. В статье рассмотрены следующие основные аспекты, касающиеся обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях с учетом вызовов и возможностей цифровой реальности:

- выполнен развернутый обзор современного состояния обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях;
- представлены и исследованы два основных используемых на практике подхода к обеспечению безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях – система оценки безопасных режимов движения во льдах на основе требований к ледовой ходкости и ледовой прочности и система оценки эксплуатационных ограничений в полярных водах на основе индексации рисков;
- выявлены и проанализированы актуальные проблемы разработки и применения документации, регламентирующей безопасность эксплуатации судов в ледовых условиях, определены приоритетные пути их решения.

На основании информации, изложенной в статье, следует заключить, что риск-ориентированная методология обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях и построенные на ее основе бортовые информационные системы в наибольшей степени отвечают вызовам и возможностям цифровой реальности.

В статье, содержащей вторую часть материала, будут приведены примеры бортовых цифровых сервисов как элементов единой системы мониторинга ледовой обстановки и состояния судна в целом, а также будет представлена предложенная авторами концепция бортовой риск-ориентированной информационной системы обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. ФАУ «Российский морской регистр судоходства». – URL: <https://rs-class.org/> (дата обращения: 27.09.2021).
2. ФГУП «Атомфлот». – URL: <http://www.rosatomfлот.ru/> (дата обращения: 27.09.2021).
3. ФГУП «Росморпорт». – URL: <https://www.rosморпорт.ru/> (дата обращения: 27.09.2021).
4. Группа компаний «Совкомфлот». – URL: <https://www.scf-group.com/> (дата обращения: 27.09.2021).
5. ПАО «ГМК «Норильский никель». – URL: <https://www.nornickel.ru/> (дата обращения: 27.09.2021).
6. ПАО «Газпром нефть». – URL: <https://www.gazprom-neft.ru/> (дата обращения: 27.09.2021).
7. *Антонов Е.М.* Ледовая прочность судов, предназначенных для круглогодичной арктической навигации. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2016. – 288 с.
8. НД № 2-020101-124. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. – Ч. II. Корпус. Дата введения 2020-01-01. – СПб.: Изд-во РМРС, 2020. – 298 с.
9. *Антонов Е.М.* Решение проблем обеспечения прочности судов ледового плавания и ледоколов в условиях круглогодичной эксплуатации в Арктике: дисс. ... д-ра техн. наук. – СПб., 2003. – 380 с.
10. *Дмитриев В.И.* Обеспечение безопасности плавания: учеб. пособие для студентов (курсантов) вузов. – М.: Академкнига, 2005. – 374 с.
11. *Матлах А.П.* Научные основы повышения надежности судов ледового плавания с использованием комплексной системы мониторинга параметров прочности и вибрации: дисс. ... д-ра техн. наук. – СПб., 2006. – 342 с.
12. *Цой Л.Г.* Изучение ледовых качеств и обоснование рациональных параметров судов ледового плавания: Сб. трудов. – СПб.: Нестор-История, 2017. – 520 с.
13. Safety & Shipping Review 2021: An Annual Review of Trends and Developments in Shipping Losses and Safety / Allianz Global Corporate & Specialty SE. – Munhen, 2021. – 58 p.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014618563 Российская Федерация. Расчет допустимых скоростей движения судна во льдах для случая наклонного борта / В.В. Якимов; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО СПбГМТУ. – № 2014616568; заявл. 08.07.2014; опубл. 20.09.2014. – 1 с.
15. *Петров А.Ю., Андришин А.В., Зуев П.С.* Автоматизация ледового паспорта судна арктического класса // Рациональное управление предприятием. – 2018. – № 2. – С. 46–47. ■