

ВНЕДРЕНИЕ СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ «ЛЕДОВЫЙ СЕРТИФИКАТ. РУКОВОДСТВО ПО РАЗРАБОТКЕ» КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭТАП ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Александр Сергеевич БУЯНОВ, Владимир Владимирович ЯКИМОВ, Егор Георгиевич ПЕТРОВ (АО «ЦНИИМФ»)

IMPLEMENTATION OF THE COMPANY STANDARD "ICE CERTIFICATE: DEVELOPMENT GUIDANCE" AS A KEY STAGE IN BUILDING A SYSTEM TO ENSURE THE SAFETY OF SHIP OPERATION IN ICE CONDITIONS

Aleksandr S. BUYANOV, Vladimir V. YAKIMOV, Egor G. PETROV (CNIIMF)

As part of developing a special operational document entitled an Ice Certificate, the actual ice-going qualities of the ship are quantitatively assessed by conducting their calculation study based on physically substantiated and practically proven solutions. The information provided in the Ice Certificate allows to reasonably select safe modes of ship motion in ice and to correctly assign optimal parameters of selected modes. The long-term and successful national experience in applying the Ice Certificate system clearly indicates that its widespread occurrence contributes, first, to ensuring a high safety level for sea-going ships when navigating in ice and, second, to increasing an efficiency level for fleet operation in ice conditions. Since 1986, CNIIMF has been developing and issuing Ice Certificates for ships of various types on a regular basis. At the present time, the company standard "Ice Certificate: Development Guidance" is being implemented into practice at the Institute.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ведётся 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 (см. рис. 1). В связи с этим претерпевает изменение традиционная организация ледового судоходства, появляются новые тенденции, связанные с ростом объёма 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 [1].

ОБЕСПЕЧЕНИЕ 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 [1].

Как показывает практика, эксплуатация судов в ледовых условиях сопровождается повышенной повреждаемостью взаимодействующих со льдом элементов конструкций корпуса и пропульсивной установки. Ледовые повреждения, получаемые пропульсивной установкой, 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 тяжёлых аварийных последствий для судна в целом, выявляются при доковом или водолазном осмотре и устраняются при очередном плановом ремонте. На сегодняшний день реализация 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) [2]. Случаи аварийного затопления судов, обусловленные возникновением в корпусе водотечных пробоин в результате воздействия льда, носят исключительный, единичный характер.



Рис. 1. Арктические проекты, обслуживаемые транспортными судами ледовых классов (Источник: АО «ЦНИИМФ»)

Безопасность плавания судна во льдах зависит, прежде всего, от его ледовых качеств, основными из которых являются ледовая ходкость и ледовая прочность. В отличие от плавания на чистой воде, когда скорость хода судна определяется мощностью энергетической установки, выбор её оптимального значения во льдах имеет свою специфику.

Безопасность плавания судна во льдах, обеспечиваемая прочностью корпуса и пропульсивной установкой, регламентируется классификационным обществом посредством присвоения судну соответствующего ледового класса в зависимости от его назначения и фактических условий плавания во льдах. Каждому ледовому классу в качестве интегральной количественной характеристики ставится в соответствие некоторая совокупность осреднённых условий плавания судна во льдах (скорость хода судна во льдах, толщина и прочность ледяного покрова и др.) – так называемый базовый режим движения [2].

Вместе с тем, на практике, по тем или иным причинам, судно может эксплуатироваться в более тяжёлых 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 энергетической установки из-за повышенного риска получения повреждения взаимодействующих со льдом элементов конструкций корпуса или пропульсивной установки. Ограниченные, то есть сниженные до безопасного уровня, скорости хода судна во льдах определяются расчётным путём для ледовых условий различных акваторий и сезонов в различных режимах ледового плавания.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ СКОРОСТИ ХОДА СУДНА ВО ЛЬДАХ

Безопасная скорость хода судна во льдах является одним из ключевых критериев, от которых зависит безопасность и эффективность эксплуатации судна в ледовых условиях.

Безопасная скорость хода судна во льдах – это максимальная скорость хода, которую конкретное судно может развить в заданных ледовых условиях при плавании самостоятельно или под проводкой ледокола, не получая ледовых повреждений. Она традиционно находится из сопоставления скоростей хода судна во льдах, определённых по требованиям к ледовой ходкости (достижимая скорость хода) и к ледовой прочности (допустимая или опасная скорость хода), и соответствует минимальной из них.

Достижимая скорость хода судна во льдах – 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 и водоизмещения судна, параметров формы корпуса, характеристик пропульсивной установки, технического состояния поверхности корпуса, а также от параметров ледовой обстановки и физико-механических свойств льда.

Допустимая скорость хода судна во льдах – 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. Опасная скорость хода судна во льдах – это максимальная скорость хода, с которой конкретное судно может двигаться в заданных ледовых условиях, не получая неприемлемых ледовых повреждений. Под неприемлемыми ледовыми повреждениями следует понимать массовые повреждения или отдельные повреждения с недопустимыми остаточными деформациями. Допустимая и опасная скорости хода зависят

от главных размерений и водоизмещения судна, параметров формы корпуса, характеристик прочности и технического состояния элементов конструкций корпуса и пропульсивной установки, а также от параметров ледовой обстановки и физико-механических свойств льда.

Характерная диаграмма, иллюстрирующая процедуру определения безопасной скорости хода судна во льдах в зависимости от толщины ледяного покрова, представлена на рис. 2.



Рис. 2. 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 без учёта риска получить ледовые повреждения; ABCE – кривая безопасных скоростей хода с учётом риска получить допустимые ледовые повреждения
(Источник: АО «ЦНИИМФ»)

Как можно видеть из рис. 2, вся совокупность режимов движения судна во льдах разделяется в общем случае на следующие четыре зоны:

- зона нормальной эксплуатации судна («зелёная» зона), включающая режимы движения, которые являются доступными по требованиям к ледовой ходкости и при которых практически исключаются любые ледовые повреждения;
- зона рискованной эксплуатации судна («жёлтая» 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 неприемлемых ледовых повреждений);
- 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.

Примеры диаграмм, иллюстрирующих процедуру определения безопасной скорости хода судна во льдах, применительно к газовозу для транспортировки сжиженного природного газа грузоподъемностью ок. 174,4 тыс. м³ (100%), который осуществляет движение во льдах в грузу, непрерывно, прямолинейно, носом вперёд, самостоятельно и под проводкой ледокола, в зимне-весенний период навигации в различных ледовых условиях, представлены на рис. 3. Газовоз, оборудованный четырьмя мембранными грузовыми ёмкостями системы GTT Mark III Flex, двухтопливной главной энергетической установкой в составе двух главных двигателей суммарной мощностью ок. 25,1 МВт и двумя винтами фиксированного шага, является судном категории С согласно Полярному кодексу и имеет ледовый класс DNV Ice-1A (на дату ввода в эксплуатацию).

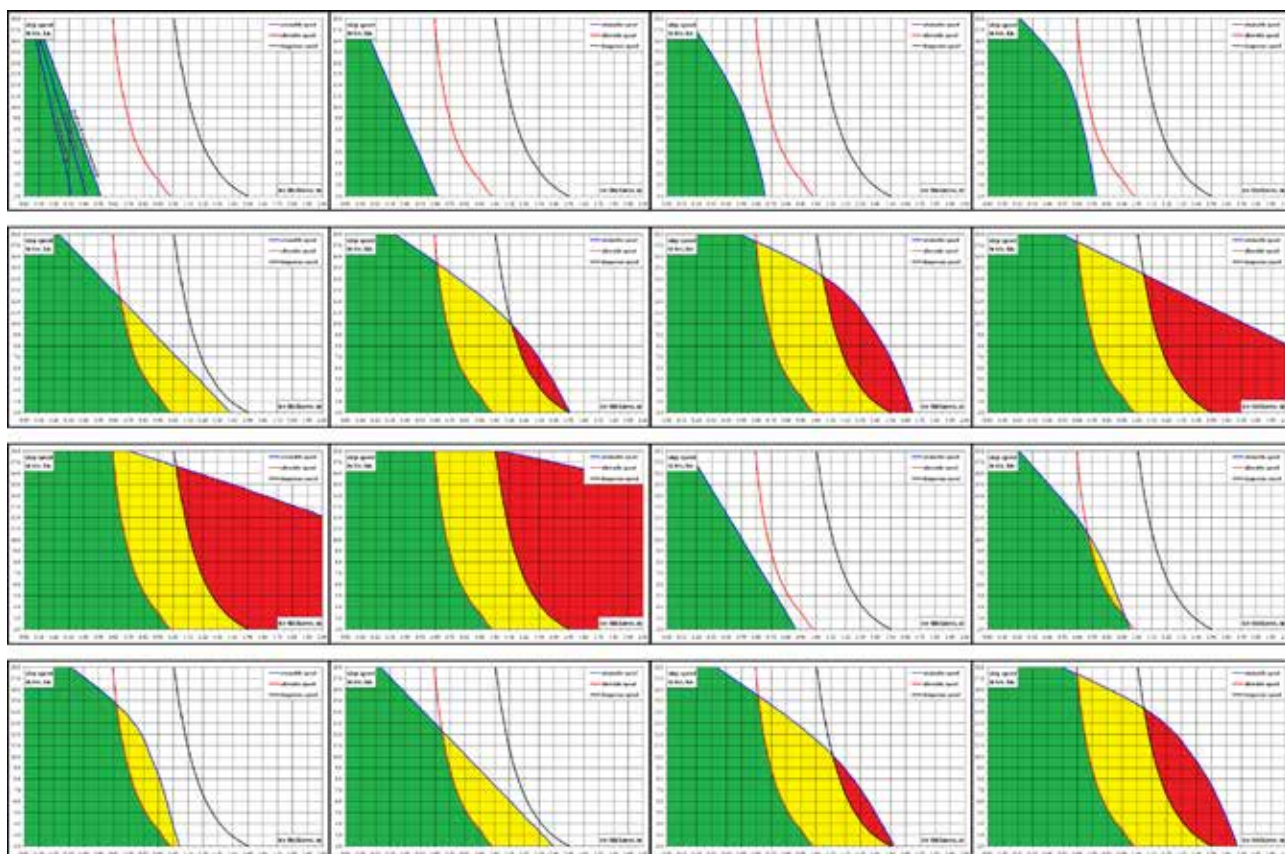


Рис. 3. Определение безопасной скорости хода расчётного газоведа во льдах:

- 1 – самостоятельное плавание в сплошных льдах различной торосистости (0-3 б.);
 2-4 – самостоятельное плавание в обломках ледяных полей различной сплочённости (9-10 б., 7-8 б., 5-6 б.);
 5-7 – самостоятельное плавание в крупнобитых льдах различной сплочённости (9-10 б., 7-8 б., 5-6 б.);
 8-10 – самостоятельное плавание в мелкобитых льдах различной сплочённости (9-10 б., 7-8 б., 5-6 б.);
 11-13 – плавание в узком канале за ледоколом в мелкобитых и тёртых льдах различной сплочённости (9-10 б., 7-8 б., 5-6 б.); 14-16 – плавание в широком канале за ледоколом в мелкобитых и тёртых льдах различной сплочённости (9-10 б., 7-8 б., 5-6 б.) (Источник: АО «ЦНИИМФ»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЛЕДОВЫХ СЕРТИФИКАТОВ

Результаты расчёта безопасных скоростей хода судна во льдах определяют основное содержание специального эксплуатационного документа – Ледового сертификата. В общем случае Ледовый сертификат включает базовые элементы, перечисленные ниже в составе содержания стандарта организации «Ледовый сертификат. Руководство по разработке».

В рамках разработки Ледового сертификата фактические ледовые качества судна количественно оцениваются путём проведения их расчётного исследования на базе физически подтверждённых и практически апробированных решений. Информация, содержащаяся в Ледовом сертификате, позволяет обоснованно выбирать безопасные режимы движения судна во льдах и корректно назначать оптимальные параметры выбранных режимов.

Впервые идея создания подобного документа, регламентирующего безопасность эксплуатации судов в ледовых условиях, была предложена в ААНИИ в конце 1960-х годов. Первый Ледовый паспорт (с 2004 года – официальный товарный знак ААНИИ) разработан для сухогрузов типа «Пионер» дедвейтом 4600 т по заказу Мурманского морского пароходства в 1973 году. В 1970-1980-х годах практически все грузовые суда, бывшие в эксплуатации в морях советской Арктики, были снабжены Ледовыми паспортами ЦНИИМФ, начиная с 1986 года, на регулярной основе разрабатывает и выдаёт Ледовые сертификаты на суда различных типов. Первый Ледовый сертификат выпущен для арктических танкеров типа «Вентспилс» дедвейтом 5500 т. За последнее десятилетие, в период с 2014 по 2023 годы, специалисты Института подготовили более 50 документов.

Многолетний и успешный отечественный опыт использования системы Ледовых сертификатов, накопленный к настоящему времени, отчётливо свидетельствует, что её широкое распространение способствует, во-первых, обеспечению высокого уровня безопасности морских судов при плавании во льдах и, во-вторых, повышению уровня эффективности работы флота в ледовых условиях.

Кроме непосредственного внедрения в практику судоходных компаний, Ледовые сертификаты находят применение в деятельности организаций морского флота при планировании перевозок в замерзающих акваториях, а также исследовательских и проектных организаций при технико-экономическом обосновании проектов судов ледового плавания. Целесообразность разработки Ледовых сертификатов для судов, эксплуатирующихся в ледовых условиях, подтверждена Российским морским регистром судоходства и Главным управлением Северного морского пути.

Согласно Положению об оценке пригодности судов к плаванию в зимний период в замерзающие порты Российской Федерации, введённому в действие Распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 17.02.2003 г. № ВР-30-р «О мерах по обеспечению безопасности плавания транспортных судов в замерзающие порты Российской Федерации», в зависимости от конкретных ледовых условий Капитан порта может допустить плавание судна, если оно отвечает требованиям эксплуатации при низких температурах наружного воздуха, его пропульсивный комплекс обеспечивает устойчивое движение в канале за ледоколом, а возможность его безопасной эксплуатации в ледовых условиях подтверждена Ледовым паспортом.

Принятая в отечественной практике и воспроизводимая при подготовке Ледовых сертификатов система оценки безопасных режимов движения судна во льдах признана международным морским сообществом в качестве инструмента, который может быть задействован в рамках новой системы отношений, установленной вступившим в силу с 01.01.2017 г. Международным кодексом для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярным кодексом). В частности, при разработке Наставлений по эксплуатации в полярных водах в качестве альтернативной предусмотрена система поддержки принятия решений на основе Ледовых сертификатов.

Согласно Указаниям по безопасности зимней навигации в районе Балтийского моря, входящим в Рекомендацию 25/7 Хельсинкской комиссии (HELCOM) от 02.03.2004 г. (с изменениями от 04.03.2015 г. и от 10.03.2016 г.), для судна, не имеющего требуемого ледового класса, ограничения в части движения во льдах могут быть сняты в случае выполнения подробного анализа прочности судна в преобладающих ледовых условиях, при этом судовладелец должен представить разработанный компетентной организацией письменный документ, который содержит информацию о допустимых скоростях хода судна в различных ледовых условиях, количестве необходимых для проводки судна ледоколов и других эксплуатационных характеристиках. Рассматриваемый документ является аналогичным Ледовому сертификату.

Срок действия Ледового сертификата составляет десять лет для нового судна и пять лет для судна в эксплуатации. По истечении указанного периода решение относительно возможности продления срока действия Ледового сертификата на следующие пять лет должно приниматься на основе экспертной оценки фактического технического состояния элементов конструкций корпуса и пропульсивной установки судна. Кроме того, документ подлежит обновлению в случае неравноценных замен элементов пропульсивной установки и принципиальных изменений формы обводов и/или конструкции корпуса, выполненных в течение периода эксплуатации судна.

ВНЕДРЕНИЕ СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ «ЛЕДОВЫЙ СЕРТИФИКАТ. РУКОВОДСТВО ПО РАЗРАБОТКЕ»

В настоящее время реализуется внедрение в практику ЦНИИМФ стандарта организации «Ледовый сертификат. Руководство по разработке». Положения стандарта регламентируют цель, принципы, условия и особенности разработки документа, его назначение, структуру, содержание, срок действия и порядок продления, а также терминологические, методологические и иные применимые аспекты. Содержание стандарта приведено ниже.

- 1 Область применения
- 2 Нормативные ссылки
- 3 Сокращения и обозначения
- 4 Термины и их определения
 - 4.1 Характеристики ледяного покрова
 - 4.2 Эксплуатационные характеристики судна
 - 4.3 Режимы ледового плавания судна
- 5 Общие положения
 - 5.1 Обеспечение безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях
 - 5.2 Назначение и применение Ледового сертификата
 - 5.3 Порядок разработки, выдачи и продления срока действия Ледового сертификата
 - 5.4 Документация по судну, необходимая для разработки Ледового сертификата
 - 5.5 Структура и содержание Ледового сертификата
 - 5.6 Автоматизация Ледового сертификата
- 6 Базовые элементы Ледового сертификата: методические рекомендации и представление результатов

- 6.1 Описание основных технических характеристик судна
- 6.2 Описание ледового класса судна
- 6.3 Описание формы обводов и конструкции корпуса судна в пределах района переменных осадок
- 6.4 Оценка достижимой скорости хода судна на чистой воде
- 6.5 Оценка ледопроеходимости судна
- 6.6 Выбор проектных режимов эксплуатации судна в ледовых условиях
- 6.7 Оценка безопасных скоростей хода судна во льдах при самостоятельном плавании
 - 6.7.1 Оценка скоростей хода судна во льдах по требованиям к ледовой ходкости
 - 6.7.1.1 Оценка достижимых скоростей хода судна в сплошных номинальных льдах
 - 6.7.1.2 Учёт влияния физико-механических характеристик льда
 - 6.7.1.3 Учёт влияния параметров ледовой обстановки
 - 6.7.1.4 Учёт влияния шероховатости поверхности корпуса судна
 - 6.7.1.5 Оценка достижимых скоростей хода судна в заданных ледовых условиях
 - 6.7.2 Оценка скоростей хода судна во льдах по требованиям к ледовой прочности
 - 6.7.2.1 Оценка строительной прочности бортовых конструкций корпуса судна
 - 6.7.2.2 Учёт влияния физико-механических характеристик льда
 - 6.7.2.3 Учёт влияния параметров ледовой обстановки
 - 6.7.2.4 Учёт влияния коррозионного износа и механического истирания элементов конструкций корпуса судна
 - 6.7.2.5 Оценка допустимых и опасных скоростей хода судна в заданных ледовых условиях
- 6.8 Оценка параметров безопасной проводки судна во льдах при плавании в канале за ледоколом
 - 6.8.1 Оценка безопасных скоростей проводки судна во льдах
 - 6.8.2 Оценка безопасных дистанций проводки судна во льдах
- 6.9 Оценка параметров безопасной проводки судна во льдах при буксировке вплотную за ледоколом
 - 6.9.1 Оценка безопасных скоростей проводки судна во льдах
 - 6.9.2 Оценка критериев безопасности буксировки судна вплотную за ледоколом
- 6.10 Оценка прочности бортовых конструкций корпуса при сжатии судна во льдах
- 6.11 Оценка прочности элементов движительно-рулевого комплекса при плавании судна во льдах
- 6.12 Оценка безопасного заглубления гребных винтов при плавании судна во льдах
- 6.13 Оценка минимального радиуса циркуляции при плавании судна в широком ледовом канале
- 6.14 Оценка приспособленности судна к длительной эксплуатации при низких температурах
- 7 Ресурсы
- 8 Распределение ответственности
- 9 Документируемая информация
- 10 Конфиденциальность

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс внедрения стандарта организации «Ледовый сертификат. Руководство по разработке» является ключевым этапом формирования системы обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях, в том числе в перспективе создания бортовых автоматизированных информационных комплексов, предназначенных для поддержки принятия навигационных решений [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Егиазаров Г.Е., Якимов В.В. Обеспечение безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях: вызовы и возможности цифровой реальности. Часть I // Морской Вестник. – 2021. – Вып. 4(80). – С. 95-100.
2. Апполонов Е.М. Ледовая прочность судов, предназначенных для круглогодичной арктической навигации. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2016. – 288 с.
3. Yakimov V. A Concept for Onboard Risk-Based Information System to Ensure the Safety of Ship Operation in Ice Conditions // Proceedings of the 4th International Scientific Conference on Advanced Technologies in Aerospace, Mechanical and Automation Engineering MIST: Aerospace-IV 2021. AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2700, 060001. – 8 p.