

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В АРКТИЧЕСКОМ СУДОХОДСТВЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

В настоящее время ведется активное промышленное освоение Арктической зоны Российской Федерации. Здесь реализуется целый ряд масштабных комплексных проектов по разработке месторождений полезных ископаемых на континентальном шельфе и вблизи береговой линии и последующей морской транспортировке углеводородного и рудного сырья по трассам Северного морского пути в западном и восточном направлениях (рис. 1). Развитие Северного морского пути в качестве конкурентоспособной на мировом рынке национальной транспортной коммуникации является одним из ключевых государственных интересов.

тельстве современных ледоколов, так и в переходе к новым тактикам ледового плавания транспортных судов:

- плаванию во льдах кормой вперед;
- плаванию в узком канале за ледоколом с доламыванием корпусом кромок канала;
- плаванию в широком канале за двумя ледоколами или ледокольными судами;
- буксировке вплотную за ледоколом («на усах»).

Желание судоходных компаний снизить зависимость от ледокольного флота в условиях его ограниченного количества и высокой стоимости аренды приводит к более активному использованию концепции судов



Рис. 1. Арктические проекты, обслуживаемые судами ледовых классов

Несмотря на текущую политическую и экономическую ситуацию, за последние 5 лет в акватории Северного морского пути наблюдается значительное увеличение объема транспортной работы морских судов. В связи с этим претерпевает изменение традиционная организация ледового судоходства, появляются новые тенденции, обусловленные следующим:

- ростом объема и интенсивности морских грузоперевозок различного назначения (экспортно-импортных, каботажных, транзитных);
- эксплуатацией крупнотоннажных транспортных судов;
- планомерным наращиванием группировки мощных атомных ледоколов;
- использованием высокоширотных трасс плавания (менее протяженных и более глубоководных, но при этом более ледовитых);
- продлением навигационного периода (вплоть до круглогодичного);
- увеличением эксплуатационной скорости хода судов во льдах (до 10–12 уз.) в обеспечение экономической эффективности морских грузоперевозок.

Развитие существующих и реализация новых арктических проектов стимулируют эволюцию атомного ледокольного флота, которая выражается как в строи-

двойного действия (DAS — double acting ships), предусматривающей в тяжелых ледовых условиях движение транспортного судна кормой вперед (рис. 2).



Рис. 2. Движение арктического газовоза СПГ «Кристоф де Маржери» кормой вперед

Значительное увеличение размерений и водоизмещения транспортных судов требует использования соответствующих тактик ледокольной проводки (рис. 3). При этом в зависимости от принятого подхода для обеспечения безопасной и эффективной работы следует корректно оценивать ледовые качества проводимого транспортного судна.

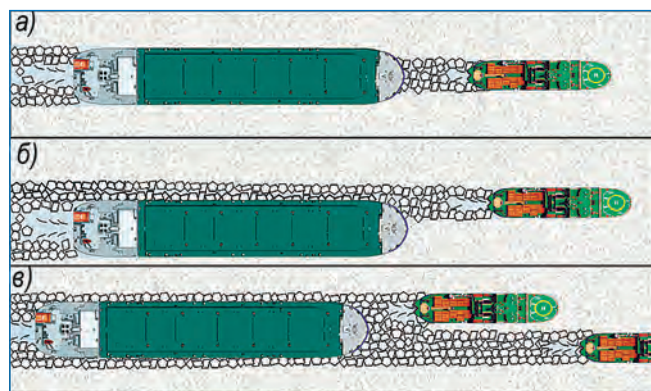


Рис. 3. Возможные тактики ледокольной проводки крупнотоннажных транспортных судов

а) плавание в узком канале за ледоколом с доламыванием корпусом обеих кромок канала (без смещения относительно оси канала); б) плавание в узком канале за ледоколом с доламыванием корпусом одной кромки канала (со смещением относительно оси канала); в) плавание в широком канале за двумя ледоколами или ледокольными судами

Серьезным вызовом для ледового судоходства стала необходимость обеспечения круглогодичного завоза грузов для строительства и функционирования инфраструктуры арктических проектов. Отсутствие современных сухогрузных судов высоких ледовых классов (Arc6–Arc7) увеличило потребность в атомном ледокольном флоте. Возможность буксировки вплотную за ледоколом («на усах») транспортных судов ледовых классов Arc4–Arc5 (рис. 4) в акваториях Карского моря, Обской губы и Енисейского залива позволила удовлетворить потребности компаний в круглогодичном завозе грузов.

Указанные перемены происходят одновременно со стремительным развитием и внедрением во все сферы человеческой деятельности современных информационно-коммуникационных систем, технологий больших данных и искусственного интеллекта. В то же время на протяжении нескольких лет формируются устойчивые негативные тенденции, связанные с систематическим введением и расширением внешних санкционных ограничений и запретов в области судостроения и судоходства.



Рис. 4. Буксировка транспортного судна вплотную за атомным ледоколом «Арктика»

Перечисленные факторы в совокупности в значительной степени не только определяют трансформацию технико-эксплуатационных требований к судам арктического морского транспортного флота, но и актуализируют проблему обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях.

Плавание судна во льдах должно быть безопасным и тем самым гарантировать обоснованную величину негативных рисков в отношении собственно судна, перевозимого груза, человеческой жизни, окружающей среды<sup>1</sup>. Безопасность плавания судна во льдах зависит прежде всего от его ледовых качеств, основными из которых являются ледовая ходкость и ледовая прочность. К ледовым качествам судна иногда вполне справедливо относят также профессиональные квалификацию, компетенцию и опыт судоводительского состава<sup>2</sup>.

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 пропульсивной установки, регламентируется классификационным обществом посредством присвоения судну соответствующего ледового класса в зависимости от его назначения и фактических условий плавания во льдах. 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 энергетической установки из-за повышенного риска получения повреждения взаимодействующих со льдом элементов конструкций корпуса или пропульсивной установки.

В соответствии с Правилами плавания в акватории Северного морского пути (СМП)<sup>3</sup> (рис. 5), судно должно иметь следующий минимальный ледовый класс Российского морского регистра судоходства (РС), чтобы получить разрешение на плавание в ледовых условиях среднего типа во всех районах акватории СМП:

- Arc7 в режиме самостоятельного плавания в зимне-весенний период навигации;
- Arc6 в режиме самостоятельного плавания в летне-осенний период навигации;
- Arc4–Arc5 в режиме плавания под проводкой ледокола круглогодично.

В настоящее время следует признать явный дефицит морских транспортных судов высоких ледовых классов Arc5–Arc7, эксплуатируемых в интересах отечественных компаний в акватории СМП<sup>4</sup>. Ледовый класс Arc4 традиционно, начиная с советской классификации

<sup>1</sup> Егизаров 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.

<sup>2</sup> Каштелян В.И., Рывлин А.Я., Фаддеев О.В., Ягодкин В.Я. Ледоколы. Л.: Судостроение, 1972. 287 с.

<sup>3</sup> Правительство Российской Федерации, 2020. Постановление от 18.09.2020 г. № 1487 «Об утверждении Правил плавания в акватории Северного морского пути» с изменениями и дополнениями от 19.09.2022 г. и 31.01.2024 г. Правила плавания в акватории Северного морского пути.

<sup>4</sup> ФГБУ «ГлавСевморпуть». URL: <https://nsr.rosatom.ru/> (дата обращения: 09.06.2025).

| Ледовый класс судна | Способ (тактика) ледового плавания | ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД НАВИГАЦИИ (с 01 декабря по 30 июня) |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---|---|---|------------------|---|---|---|-----------------|---|---|---|-----------------|---|---|---|----------------------------|---|---|---|------------------------------------------------|---|---|---|--------------------|---|---|---|
|                     |                                    | ЮЗ Карского моря                                          |   |   |   | СВ Карского моря |   |   |   | З моря Лаптевых |   |   |   | В моря Лаптевых |   |   |   | З Восточно-Сибирского моря |   |   |   | В Восточно-Сибирского моря / С Чукотского моря |   |   |   | ЮЗ Чукотского моря |   |   |   |
|                     |                                    | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7                                       |   |   |   | 8, 9, 10, 11     |   |   |   | 12, 13, 14      |   |   |   | 15, 16, 17      |   |   |   | 18, 19, 20, 21             |   |   |   | 22, 23, 24, 27                                 |   |   |   | 25, 26, 28         |   |   |   |
|                     |                                    | Т                                                         | С | Л | Ч | Т                | С | Л | Ч | Т               | С | Л | Ч | Т               | С | Л | Ч | Т                          | С | Л | Ч | Т                                              | С | Л | Ч | Т                  | С | Л | Ч |
| Arc4                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc5                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc6                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc7                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc8                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc9                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Ледовый класс судна | Способ (тактика) ледового плавания | ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД НАВИГАЦИИ (с 01 июля по 30 ноября)   |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     |                                    | ЮЗ Карского моря                                          |   |   |   | СВ Карского моря |   |   |   | З моря Лаптевых |   |   |   | В моря Лаптевых |   |   |   | З Восточно-Сибирского моря |   |   |   | В Восточно-Сибирского моря / С Чукотского моря |   |   |   | ЮЗ Чукотского моря |   |   |   |
|                     |                                    | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7                                       |   |   |   | 8, 9, 10, 11     |   |   |   | 12, 13, 14      |   |   |   | 15, 16, 17      |   |   |   | 18, 19, 20, 21             |   |   |   | 22, 23, 24, 27                                 |   |   |   | 25, 26, 28         |   |   |   |
|                     |                                    | Т                                                         | С | Л | Ч | Т                | С | Л | Ч | Т               | С | Л | Ч | Т               | С | Л | Ч | Т                          | С | Л | Ч | Т                                              | С | Л | Ч | Т                  | С | Л | Ч |
| отсутствует         | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Ice1                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Ice2                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Ice3                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc4                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc5                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc6                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc7                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc8                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
| Arc9                | СП                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |
|                     | ПЛ                                 |                                                           |   |   |   |                  |   |   |   |                 |   |   |   |                 |   |   |   |                            |   |   |   |                                                |   |   |   |                    |   |   |   |

Рис. 5. Разрешенные для плавания судов районы акватории СМП в соответствии с Правилами плавания в акватории Северного морского пути

судов ледового плавания, принято рассматривать как промежуточный между арктическими и неарктическими классами.

Основу морского транспортного флота ледовых классов Arc4–Arc5 (или эквивалентных им классов) составляют грузовые суда различных типов, преимущественно построенные на зарубежных верфях и находящиеся в эксплуатации продолжительный период:

- лесовозы (суда для перевозки генеральных грузов) дедвейтом около 7 000 т типа «Павлин Виноградов» (5 ед., 1990–1998 гг., 1-я и 2-я серии, Польша, Мальта);
- лесовозы (суда для перевозки генеральных грузов) дедвейтом около 7 300 т типа «Игорь Ильинский» (5 ед., 1990–1994 гг., Испания);
- суда для перевозки генеральных грузов дедвейтом до 9 500 т пр. «Bijlsma Trader 9000» (2 ед., 2001–2002 гг., Нидерланды);
- суда для перевозки генеральных грузов дедвейтом до 8 000 т типа «Spliethoff», пр. A-type (10 ед., 1990–1992 гг., Нидерланды);
- суда для перевозки генеральных грузов дедвейтом до 8 500 т типа «Spliethoff», пр. E-type (4 ед., 1994–1995 гг., Нидерланды);
- нефтеналивные танкеры / танкеры-химовозы дедвейтом около 20 000 т типа «Астрахань» (3 ед., 2000–2002 гг., Россия);
- нефтеналивные танкеры / танкеры-химовозы дедвейтом около 25 000 т типа «Purha» (2 ед., 2003–2004 гг., Китай);
- навалочные суда дедвейтом около 105 000 т типа «Admiral Schmidt» (2 ед., 2019 г., Китай).

Морской транспортный флот ледового класса Arc6 представлен нефтеналивными танкерами дедвейтом около 70 000 т:

- типа «Василий Динков» (3 ед., 2008–2009 гг., Республика Корея);
  - типа «Михаил Ульянов» (2 ед., 2010 г., Россия);
  - типа «Валентин Пикуль» (1 ед., 2024 г., Россия).
- В состав морского транспортного флота ледового класса Arc7 (или эквивалентных ему классов) входят грузовые суда различных типов, преимущественно построенные на зарубежных верфях и находящиеся в эксплуатации относительно непродолжительный период:
- многоцелевые суда дедвейтом около 23 000 т пр. «SA-15 Super» (2 ед., 1986–1987 гг., Финляндия);
  - контейнеровозы дедвейтом около 18 000 т типа «Норильский никель» (5 ед., 2006–2009 гг., Финляндия, Германия);
  - танкер-продуктовоз дедвейтом около 20 000 т типа «Енисей» (1 ед., 2011 г., Германия);
  - нефтеналивные танкеры дедвейтом около 42 000 т типа «Штурман Альбанов» (7 ед., 2016–2019 гг., Республика Корея);
  - газовозы СПГ вместимостью около 172 600 м<sup>3</sup> типа «Кристоф де Маржери» (15 ед., 2016–2019 гг., Республика Корея);
  - танкеры-продуктовозы дедвейтом до 52 000 т «Борис Соколов» / «Юрий Кучиев» (2 ед., 2018–2019 гг., Китай, Финляндия).

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

– система количественной оценки безопасных скоростей хода судна во льдах на основе требований к ледовой ходкости и к ледовой прочности, принятая в отечественной практике (система Ледовых сертификатов / Ледовых паспортов);

– система оценки эксплуатационных ограничений при плавании судна во льдах на основе индексации рисков, принятая в западной практике (AIRSS — Arctic Ice Regime Shipping System, POLARIS — Polar Operational Limit Assessment Risk Indexing System).

В рамках разработки специального эксплуатационного документа — Ледового сертификата — фактические ледовые качества судна количественно оцениваются путем проведения их расчетного исследования на основе физически подтвержденных 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 4 600 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. Первый Ледовый сертификат в ЦНИИМФ выпущен для арктических танкеров типа «Вентспилс» дедвейтом 5 500 т в 1986 году. Таким образом, на протяжении почти 40 лет ЦНИИМФ на регулярной основе разрабатывает и выдает Ледовые сертификаты на суда различных типов.

Многолетний и успешный отечественный опыт использования системы Ледовых сертификатов, накопленный к настоящему времени, отчетливо свидетельствует, что ее 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.

Целесообразность разработки Ледовых сертификатов для судов, эксплуатируемых в ледовых условиях, подтверждена Главным управлением Северного морского пути и Российским морским регистром судоходства. Кроме того, система Ледовых сертификатов признана Международной морской организацией в качестве инструмента, который может быть задействован в рамках новой системы отношений, установленной вступившим в силу 1 января 2017 года Полярным кодексом. В частности, при разработке Наставлений по эксплуатации в полярных водах в качестве альтернативной предусмотрена система поддержки принятия решений на основе Ледовых сертификатов<sup>5</sup>.

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 инциден-

тов и аварий на море, произошедших за последние несколько десятков лет<sup>6</sup>, 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<sup>7</sup>. Поэтому разработка любого обоснованного решения, которое в конечном итоге позволит снизить влияние человеческого фактора как ключевой причины эксплуатационных отказов, будет иметь мультипликативный практический эффект.

Принимая во внимание изложенное выше, АО «ЦНИИМФ» за последние несколько лет инициировал ряд проектов, направленных на формирование единой информационной системы обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях.

В сентябре 2024 года АО «ЦНИИМФ» стало обладателем патента на изобретение «Бортовой автоматизированный информационно-измерительный комплекс для оперативного сбора и обработки локальной информации об обстановке в районе местонахождения судна (БИК ЛО)».

В настоящее время АО «ЦНИИМФ» реализует разработку бортовой информационной системы «Цифровой Ледовый сертификат». На завершающем этапе находится подготовка 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<sup>8</sup>.

Цифровой Ледовый сертификат является первым шагом к созданию бортовой риск-ориентированной системы поддержки принятия навигационных решений<sup>9</sup> и ключевым элементом единой информационной системы обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях.

*А.С. Буянов, В.В. Якимов (АО «ЦНИИМФ»)*

<sup>5</sup> International Maritime Organization, 2017. International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code).

<sup>6</sup> Дмитриев В.И. Обеспечение безопасности плавания: Учеб. пособие для студентов (курсантов) вузов. М.: Академкнига, 2005. 374 с.

<sup>7</sup> Матлах А.П. Проблемные вопросы создания новых судов ледового плавания // Судостроение. 2007. Вып. 1(770). С. 19–23.

<sup>8</sup> Буянов А.С., Якимов В.В., Петров Е.Г. Внедрение стандарта организации «Ледовый сертификат. Руководство по разработке» как ключевой этап формирования системы обеспечения безопасности эксплуатации судов в ледовых условиях // Труды 6-й Международной конференции по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики и континентального шельфа Offshore Marintec Russia 2024. М.: Изд-во Перо, 2024. С. 320–325.

<sup>9</sup> 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. <https://doi.org/10.1063/5.0125036>.