

DOI 10.15589/jnn20180102
 УДК 656.61.052.484
 3-63

ANALYSIS OF ICE CONDITIONS OF WINTER NAVIGATION IN THE AZOV SEA FOR THE SUBSTANTIATION OF THE ICEBREAKER SELECTION

АНАЛИЗ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ ЗИМНЕЙ НАВИГАЦИИ В АЗОВСКОМ МОРЕ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ЛЕДОКОЛА

Sergii G. Zinchenko,
 fantomac99@gmail.com
 ORCID: 0000-0001-7761-7429

Oleksandr Y. Yanchetsky
 alex.yanchetsky@gmail.com
 ORCID: 0000-0003-1686-7795

С. Г. Зинченко,
 канд. экон. наук

А. В. Янчеккий,
 асп.

Azov Sea Institute of Odessa National Maritime Academy, Mariupol

Азовский морской институт Одесской национальной морской академии, г. Мариуполь

Abstract. This article considers the issues of substantiating the icebreaker selection to ensure the year-round uninterrupted cargo turnover at the sea port. In winter navigation, ice conditions in the basin of the Azov Sea are almost extreme, which affects the work of existing types of icebreakers. The safety of ice navigation in the shallow Azov Sea directly depends on the prevailing hydrometeorological conditions in the autumn-winter period, namely, on the air temperature, wind, sea surface temperature, and seawater salinity and, consequently, on the severity of winter. Therefore, the study and recording of weather conditions is a very urgent task when planning the safety of navigation in the ice conditions in the Azov Sea. Its necessity is substantiated taking into account the effectiveness of use at any time of the year. The publication also includes the graphs of the ice situation in the Azov Sea during winter.

Keywords: analysis; ice conditions; winter navigation; icebreaker; Azov Sea.

Анотація. Розглянуто питання з вибору криголама для забезпечення цілорічного безперебійного вантажообігу морського порту. Обґрунтовано його необхідність з урахуванням ефективності використання в будь-яку пору року. Наведено графіки зміни льодового оточення в Азовському морі в зимовий період.

Ключові слова: аналіз; льодові умови; зимова навігація; криголам; Азовське море.

Аннотация. Рассмотрены вопросы по выбору ледокола для обеспечения круглогодичного бесперебойного грузооборота морского порта. Обоснована его необходимость с учетом эффективности использования в любое время года. Приведены графики изменения ледовой обстановки в Азовском море в зимний период.

Ключевые слова: анализ; ледовые условия; зимняя навигация; ледокол; Азовское море.

REFERENCES

- [1] Golikov V. V., Kostenko P. A., Mazur O. N. *Opredelenie ledoprokhodimosti sudov dlya plavaniya v nearkticheskikh moryakh* [Determination of icebreakability of vessels for navigation in non-Arctic seas]. *Sudovye energeticheskie ustanovki: sb. nauchn. tr. ONMA* [Scientific bulletin of ONMU "Ship Power Plants"]. Odessa, IzdatInform ONMU Publ., 2014, issue 33, pp. 183–190.
- [2] Berestovoy A. M., Perepechaev S. N., Patlay A. A. *Sostoyanie i osnovnye problemy ledovoy provodki sudov v Azovskom more* [Current state and main problems of ice navigation in the Azov Sea]. *Vestnik SNU im. V. Dalya* [Bulletin of V. Dahl SNU]. Lugansk, 2011, issue 5 (159), pp. 94–99.
- [3] Lysyy A. A. *Vliyanie faktorov ledyanogo pokrova na suda ledovogo klassa kak obekt upravleniya* [Influence of ice cover factors on ice-class vessels as a control object]. *Nauchn. vestnik Khersonskoy morskoy akademii* [Scientific bulletin of Kherson Sea Academy]. Kherson, 2015, issue 1 (12), pp. 51–57.
- [4] Lysyy A. A. *Perspektivnye metody ledovoy provodki sudov na kanalakh i farvaterakh Azovskogo morya v zimniy period* [Promising methods of ice navigation on the channels and fairways of the Azov Sea in winter]. *Sudovozhdenie: sb. nauchn. tr. ONMA* [Scientific bulletin of ONMU "Ship Power Navigation"]. Odessa, IzdatInform ONMU Publ., 2013, issue 22, pp. 133–141.

- [5] Zaytsev Val. V., Lysyy A. A. *Analiz vliyaniya ledovogo pokrova na sudokhodstvo v Azovskom more* [Analysis of the influence of ice cover on navigation in the Azov Sea]. *Visnyk NUK* [Bulletin of NUOS]. Nikolaev, 2014, issue 3, pp. 26–30.
- [6] Dumanskaya I. O. *Tipovye ledovye usloviya na osnovnykh sudokhodnykh trassakh morey evropeyskoy chasti Rossii dlya zim razlichnoy surovosti* [Typical ice conditions on major shipping routes of the seas of the European part of Russia for winters of a varying severity]. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_21086836_32601296.pdf.
- [7] Dumanskaya I. O., Kotilevskaya A. M. *Otsenka vozmozhnosti ispolzovaniya prognosticheskikh metodik XX veka v sovremennoy praktike ledovogo obsluzhivaniya moreplavaniya na nearkticheskikh moryakh Rossii* [Assessment of the possibility of using predictive techniques of the twentieth century in the current practice of ice navigation services in the non-Arctic seas of Russia]. Available at: http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr343/dum_kot.pdf.
- [8] *Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov Morskogo Registra Sudokhodstva* [Rules for the classification and construction of sea vessels of the Maritime Register of Shipping]. Available at: http://msun.ru/upload/folders/edu_lit/kaf/sv/data/addition/Registr/Registr.pdf.
- [9] *Pravila po oborudovaniyu morskikh sudov Morskogo Registra Sudokhodstva* [Rules for the equipment of sea vessels of the Maritime Register of Shipping]. Available at: http://msun.ru/upload/folders/edu_lit/kaf/sv/data/addition/Registr/Registr.pdf.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для практического судовождения чрезвычайно важной является оценка ледопроеходимости судна, т. е. способности безопасно продвигаться в различных ледовых условиях. Такая процедура, как правило, становится прерогативой экипажа судна [1].

В зимнюю навигацию ледовые условия в бассейне Азовского моря практически предельны, что отражается на работе имеющихся типов ледоколов. Безопасность ледовой навигации в мелководном Азовском море напрямую зависит от сложившихся гидрометеорологических условий в осенне-зимний период, а именно от температурного и ветрового режимов, температуры поверхностного слоя и солености морской воды и, как следствие, — суровости зимы. Поэтому исследование и учет погодных условий при планировании обеспечения безопасности мореплавания в ледовых условиях по Азовскому морю является весьма актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В [2] рассмотрены состояния и основные проблемы ледовой проводки судов для обеспечения безопасности судоходства по каналам Азовского моря, а также выделены проблемы, связанные с прохождением ледоколов и судов по каналу из-за того, что лед измельчается по всей его трассе и тем самым закупоривает все пространство до дна между кромками канала, выходящими на мелководье, и ледяным покровом поверхности моря. В этих условиях проводка транспортных судов по каналу и управление ими практически трудно выполнимы.

Опыт ледовых проводок [3] караванов судов может быть использован для планирования ледовых операций и составления пошагового алгоритма про-

гноза состояния ледового покрова по формированию каравана судов.

В [4] представлены исследования, которые являются попыткой регламентации работы флота на морских каналах и фарватерах путем управляемого воздействия на эффективность работы судов и безопасность мореплавания с использованием современных подходов к проводке караванов и методов управления судами ледового класса под проводкой ледоколов.

В [5] выделены особенности влияния ледового покрова на судоходство по Азовскому морю.

В [1] рассмотрена оценка правильности проектирования, конструирования и изготовления судна по ледопроеходимости, включая его ходкость, прочность и маневренность.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ — анализ ледовой обстановки навигации в Азовском море в зимний период и аргументированный выбор ледокола для обеспечения круглогодичного бесперебойного грузооборота порта. Как следствие — обоснование необходимости обновления ледокольного флота Украины, поскольку единственный работоспособный ледокол даже с учетом проведенной реновации практически полностью выработал свой ресурс.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

При сравнительно небольшой площади Азовское море имеет важное транспортное значение для Украины. На востоке сосредоточен большой промышленный потенциал, составляющий значительную часть экономики страны. Наличие морских транспортных магистралей, функционирующих круглогодично, позволяет значительно уменьшить стоимость перевозки грузов и более равномерно распределить производственные мощности портов на Азовском море.

Ледообразование в Азовском море начинается у северо-восточного побережья, постепенно распространяясь на запад и юг. По многолетним данным устойчивое ледообразование на севере моря наблюдается в середине декабря, а на юге — в январе. В Мариуполе за последние 70 лет дата появления первого льда наблюдалась 12 декабря 1994 г., а поздняя — 5 февраля 1966 г.

Основными показателями оценки ледовых условий для прохода судов являются: ледовитость (площадь, занятая льдом любой сплоченности, в процентах от общей площади моря или любой другой акватории), толщина льда и его сплочённость, а также продолжительность ледового периода.

Ледовитость моря характеризует пространственное распространение льда по всей акватории моря, которая определяется в процентах. Наибольший ледяной покров наблюдается в конце января и в первой половине февраля. В конце февраля ледовитость постепенно уменьшается.

Сплоченность льда — непостоянная ледовая характеристика. По данным многолетних наблюдений, можно отметить, что наиболее сплочённый лёд в северных районах моря, а в южных — редкий лёд. В отдельные суровые зимы вся акватория Азовского моря покрыта льдом.

Толщина льда также важна для оценки ледовых условий. Нарастание льда в Азовском море происходит неравномерно, в открытом море и на подходных каналах оно меньше, чем у береговой черты. Следует подчеркнуть, что процесс нарастания льда может носить скачкообразный характер, так как на Азовье периоды отрицательных температур могут меняться на периоды положительных температур воздуха. По многолетним наблюдениям, максимальная толщина льда в Мариуполе отмечалась 5 марта 1931 г. и составила 80 см, в 1969 г. — 70 см, а 15 марта 1986 г. — 59 см.

Продолжительность ледового периода определяется от даты появления первого льда до даты полного очищения. По многолетним климатическим данным, наибольшая продолжительность ледового сезона (количество дней с отрицательной температурой) — 126 дней (в 1984–1985 гг.), а наименьшая — 34 дня (в 2006–2007 гг.).

Суровость зимы обусловлена величиной отрицательных температур воздуха, влияющих на процесс ледообразования, а также продолжительностью ледового периода. За последние три года (2014–2017 гг.) ледовый сезон был самый длительный — 259 градусодней. Тем не менее, несмотря на длительные отрицательные температуры в 2015–2016 гг., лед практически не образовывался на Азовском море.

На примере зимнего сезона 2016–2017 гг. авторами рассмотрена зависимость и составлены семантические графики ледовой обстановки от синопти-

ческой (метеорологической) обстановки Восточно-Украинского морского региона, рис 1.

В зимний период ледоколы осуществляют проводку караванов судов в порты Мариуполь, Бердянск, а также Ростов-на-Дону, Азов, Темрюк и Ейск. С улучшением ледовых условий увеличивается количество одновременно проводимых судов. Трудность прохода судов во льдах Азовского моря усугубляется и небольшими глубинами, вследствие чего устроены морские фарватеры (каналы) на подходах к портам.

Ледовая навигация осложняется и метеорологическими явлениями, ухудшающими видимость: адвективные туманы, выпадение сильного снега и метели. Обычно эти явления связаны с выходом южных циклонов, которые сопровождаются штормовыми ветрами. Штормовой ветер, в свою очередь, приводит к таким явлениям, как дрейф, подвижка и торошение, а также навалы льда на портовые и береговые сооружения.

Как продолжительность ледового периода, так и распространение ледового покрова на акватории моря влияют на условия работы морского флота и портов в зимний период.

Для оперативного и качественного обслуживания морского флота в период зимней навигации на Азовском море, исходя из его ледового режима и многолетних климатических данных ежегодно составляются долгосрочные ледовые прогнозы. Ледовый режим в основном определяется характером и интенсивностью атмосферных процессов, физическими и химическими свойствами морской среды. Вероятность встречи судов с льдом (P_k) можно условно рассчитать по формуле [6]:

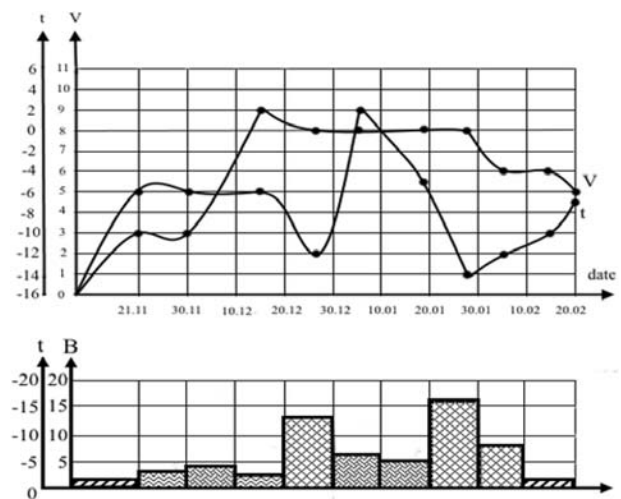


Рис. 1. Семантические графики изменения ледовой обстановки в Азовском море в зимний период:

t — температура воздуха, °С; V — скорость ветра, м/с; date — период исследований (числа, месяцы); B — толщина льда, см; — начало льдообразования; — чистая вода; — плотный лед; — неподвижный лед

$$P_k = \frac{N_k}{n_k} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где N_k — число встреч со льдом с заданными свойствами; n_k — количество наблюдений в k -м квадрате.

Необходимо строить карты ледовой обстановки в мягкую, умеренную и суровую зиму для всех месяцев ледового сезона, как описано в [6]. По данным формулы (1) вычисляются примерные параметры ледокола для зимней навигации в ледовых условиях.

Изменение влияния термической составляющей развивается по земным меридианам, т. е. имеет меридиональный характер. Так, будущую суровость зимы на Азовском море в значительной мере определяет температура воздуха и направление преобладающего ветра в январе-мае. Заблаговременность прогноза первого появления льда по датам перехода температуры воздуха осенью через 0°C к отрицательным значениям присутствует, но очень мала, особенно — для Азовского моря [7].

Значительное воздействие оказывает и особенность орографии (описание и классификация форм рельефа), изрезанность береговой линии и мелководность Азовского моря. Гидрометеорологическое обеспечение зимней навигации предусматривает тщательный анализ всей информации, поступающей как с береговых станций, так и от судов. В последнее время широко применяются данные с искусственных спутников, что позволяет в режиме реального времени отслеживать динамику ледового покрова и температурный режим поверхностного слоя моря.

На период зимней навигации в Азовском море под председательством капитана порта Мариуполь создается ледовый штаб, членами которого делается все возможное для обеспечения безопасной и максимально эффективной проводки судов в особых погодных условиях.

Проблема судовождения в районе Мариупольского и Бердянского портов в зимнее время заключается в том, что единственный действующий ледокол имеет возраст более 60 лет и хотя в 2012–2013 гг. прошел реновацию, его полноценная эксплуатация возможна еще очень непродолжительное время, по оценкам разных специалистов — до 10 лет.

Поэтому актуально уже сейчас рассчитать оптимальные технические требования для нового ледокола на Азовском море и на уровне государства приступить к реализации проекта приобретения ледокола.

Назначение ледокола:

- обслуживание судов на подходах к Мариупольскому и Бердянскому морским торговым портам, а также обеспечение проводок караванов судов в Азовском море и Керчь-Еникальском канале;

- осуществление ледокольных операций в замерзающих неарктических морях при толщине льда до

- 1,5 м, продвижение непрерывным ходом в сплошном ледовом поле толщиной до 1,0 м;

- выполнение морских буксировок судов и плавучих сооружений;

- оказание помощи судам и сооружениям, терпящим бедствие в море — снятие с мели, откачка воды, тушение пожара, буксировка аварийных судов.

Важным при выборе ледокола, является то, чтобы он мог использоваться круглогодично, а не только в период ледовой навигации. Поэтому необходимо предусмотреть его многоцелевую направленность, а именно возможность его эффективного применения в любое время года. Район эксплуатации — Азовское море. Общий вид предлагаемого проектированного ледокола показан на рис. 2.

Размеры согласно правилам [8] и исходя из опыта эксплуатации судна в Азовском море: длина наибольшая — 73,3 м; длина по КВЛ — 64,5 м; ширина по КВЛ — 20,0 м, высота борта — 8,2 м; осадка — до 5 м.

Архитектурно-конструктивный тип — однопалубный ледокол с двойными бортами, баком, средним расположением машинных отделений, двумя полнопоротными винто-рулевыми колонками с бака и кормы, со сдвинутыми к носу жилыми рубками и открытой палубой в средней и кормовой части. Оснащение — в соответствии с требованиями правил [9].

Ледопроеходимость при движении со скоростью около 3 узлов в ровном сплошном первогодичном льду прочностью 500 кПа со снежным покровом 10–20 см при номинальной мощности на валах составляет не менее 1,0 м. Ледопроеходимость на заднем ходу возможны не менее чем на переднем ходу. Спасательные операции обеспечиваются при волнении моря до 6 баллов и скорости течения — 2 узла.

Очень важно для портов, что данный тип ледокола может выполнять функции буксира и является малогабаритным. Это позволит использовать его не только во время зимней навигации, а круглогодично, при этом удельные расходы на эксплуатацию судна

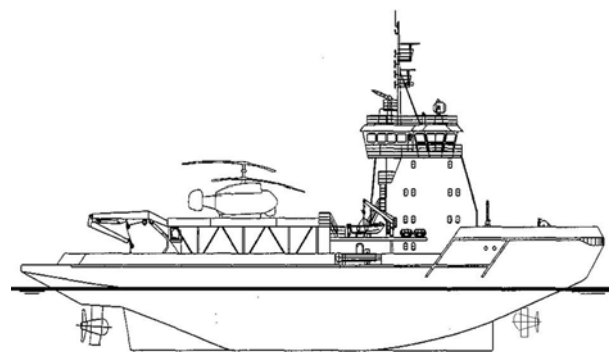


Рис. 2. Общий вид проекта ледокола для работы на Азовском море

существенно снизятся, что даст возможность сэкономить дополнительные финансовые средства.

Приобретение ледокола данного типа позволит учесть нестабильность ледовой обстановки и круглогодично производить проводки судов по Азовскому морю, а также по фарватерам на подходах к портам.

ВЫВОДЫ. Анализ ледовой навигации показал, что нестабильность ледовой обстановки и погодных условий в Азовском море требует разработки особых регламентов безопасности плавания судов в зимний период. Круглогодичное судоходство на Азовском

море ставит новые цели в решении задач по улучшению научно-оперативного обеспечения безопасности плавания судов в этом регионе в ледовой обстановке.

Выполненный анализ помогает сформулировать конкретные предложения по разработке технических требований с целью приобретения нового ледокола для Мариупольского порта, имеет практическую направленность, что позволит стабилизировать проводку судов по Азовскому морю в зимний период, а также повысить уверенность клиентов в технических возможностях портов Азовского моря независимо от колебаний погодных условий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Голиков В. В.** Определение ледопроеходимости судов для плавания в неарктических морях [Текст] / В. В. Голиков, П. А. Костенко, О. Н. Мазур // Судовые энергетические установки: сб. научн. тр. ОНМА. — Одесса : ИздатИнформ ОНМА, 2014. — Вып. 33. — С. 183–190.
- [2] **Берестовой А. М.** Состояние и основные проблемы ледовой проводки судов в Азовском море [Текст] / А. М. Берестовой, С. Н. Перепечаев, А. А. Патлай // Вестник СНУ им. В. Даля. — Луганск, 2011. — № 5 (159). — С. 94–99.
- [3] **Лысый А. А.** Влияние факторов ледяного покрова на суда ледового класса как объект управления [Текст] / А. А. Лысый // Научн. вестник Херсонской морской академии. — Херсон, 2015. — № 1 (12). — С. 51–57.
- [4] **Лысый А. А.** Перспективные методы ледовой проводки судов на каналах и фарватерах Азовского моря в зимний период [Текст] / А. А. Лысый // Судовождение: сб. научн. тр. ОНМА. — Одесса : ИздатИнформ ОНМА, 2013. — Вып. 22. — С. 133–141.
- [5] **Зайцев Вал. В.** Анализ влияния ледового покрова на судоходство в Азовском море [Текст] / Вал. В. Зайцев, А. А. Лысый // Вісник НУК імені адмірала Макарова. — Николаев, 2014. — № 3. — С. 26–30.
- [6] **Думанская И. О.** Типовые ледовые условия на основных судоходных трассах морей европейской части России для зим различной суровости [Электронный ресурс] / И. О. Думанская. — Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_21086836_32601296.pdf.
- [7] **Думанская И. О.** Оценка возможности использования прогностических методик XX века в современной практике ледового обслуживания мореплавания на неарктических морях России [Электронный ресурс] / И. О. Думанская, А. М. Котилевская — Режим доступа: http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr343/dum_kot.pdf
- [8] Правила классификации и постройки морских судов Морского Регистра Судоходства, изд. 2003 г. [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://msun.ru/upload/folders/edu_lit/kaf/sv/data/addition/Registr/Registr.pdf
- [9] Правила по оборудованию морских судов Морского Регистра Судоходства, изд. 2003 г. [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://msun.ru/upload/folders/edu_lit/kaf/sv/data/addition/Registr/Registr.pdf.

© С. Г. Зінченко, О. В. Янчецький
Надійшла до редколегії 15.01.2018

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. В. В. Зайцев