



## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 629.542 + 656.612.1  
EDN FYUGRY

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФЛОТА НАЛИВНЫХ СУДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КРУГЛОГОДИЧНОЙ НАВИГАЦИИ ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ

**Е.Ю. Линник**, аспирант, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 190121 Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, e-mail: zjillz@yandex.ru

**А.Н. Суслов**, д-р техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 190121 Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, e-mail: suslov-smtu@yandex.ru

В условиях изменения маршрутов поставки арктической нефти, вызванного геополитическими факторами, значительно возросла актуальность развития Северного морского пути как круглогодичной транспортной артерии. Целью исследования является оценка влияния ледового класса судов и условий их эксплуатации на экономические показатели транспортировки нефти по Северному морскому пути. Методы исследования основаны на математическом моделировании годовой эксплуатации наливных судов. Новизна исследования заключается в учете сценариев ледовых условий, а также в сравнительном анализе перевозок с перевалкой и без нее. В статье представлена модель годовой эксплуатации наливных судов ледовых классов для транспортировки нефти в Азию, учитывающая ледовые и навигационные условия, характеристики маршрута и скоростные параметры судов. На основе модели рассчитаны эксплуатационные затраты на транспортировку нефти по Северному морскому пути наливными судами всех арктических ледовых классов, а также конвенциональными судами по Южному морскому пути. Определены капитальные затраты на постройку наливных судов, полная мощность, а также затрачиваемая мощность в зависимости от условий эксплуатации. Все расчетные значения получены на основе реалистичных входных данных с учетом перспективных изменений в судоходстве. Сравнительный анализ результатов расчета показал, что транспортировка с перевалкой оказывается более эффективной преимущественно для судов высоких ледовых классов, увеличивая количество доставок груза судами ледовых классов Arc7 — Arc9 в среднем на 40 % в оптимистическом и базовом сценариях ледовых условий, а в пессимистическом — на 20 — 30 %. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании решений о пополнении флота и выборе оптимальных схем транспортировки нефти в условиях изменчивой ледовой обстановки в Арктике.

**Ключевые слова:** Северный морской путь, транспортировка нефти, круглогодичная навигация, математическая модель, экономическая эффективность, ледовый класс, наливное судно, перевалка нефти.

**Для цитирования:** Линник Е.Ю. Перспективы развития флота наливных судов для обеспечения круглогодичной навигации по Северному морскому пути / Е.Ю. Линник, А.Н. Суслов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 79. — С. 26 — 38. — EDN FYUGRY.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE TANKER FLEET FOR YEAR-ROUND NAVIGATION VIA THE NORTHERN SEA ROUTE

**E.Yu. Linnik**, PhD student, St. Petersburg State Marine Technical University, 190121 Russia, St. Petersburg, Lotsmanskaya ul., 3, e-mail: zjillz@yandex.ru

**A.N. Suslov**, DSc, Professor, St. Petersburg State Marine Technical University, 190121 Russia, St. Petersburg, Lotsmanskaya ul., 3, e-mail: suslov-smtu@yandex.ru

In the context of changing arctic oil supply routes due to geopolitical factors, the importance of developing the Northern Sea Route as a year-round transportation artery has significantly increased. The aim of the study is to assess the impact of ice class and operational conditions of vessels on the economic performance of oil transportation via the Northern Sea Route. The research methods are based on mathematical modeling of the annual operation of tankers. The novelty of the study lies in the consideration of ice condition scenarios, as well as in the comparative analysis of transportation with and without transshipment. This article presents a model for the annual operation of ice-class tankers transporting oil to Asia, considering ice and navigational conditions, route characteristics, and vessel speed parameters. Based on the model, operating costs for oil transportation via the Northern Sea Route using tankers of all arctic ice classes, as well as conventional vessels via the Southern Sea Route, have been calculated. Capital costs for the construction of tankers, total installed power, and power consumption under various operating conditions have also been determined. All calculated values are derived from realistic input data, taking into account prospective changes in shipping. A comparative analysis of the calculation results showed that transportation with transshipment is generally more efficient for high ice-class vessels, increasing the number of cargo deliveries by Arc7 — Arc9 ice-class vessels by an average of 40 % under optimistic and baseline ice condition scenarios, and by 20 — 30 % under the pessimistic scenario. The obtained results can support decision-making on fleet replenishment and the selection of optimal oil transportation schemes under changing ice conditions in the Arctic.

**Keywords:** Northern Sea Route, oil transportation, year-round navigation, mathematical model, economic efficiency, ice class, tanker, oil transshipment.

**For citation:** Linnik E.Yu., Suslov A.N. Prospects for the development of the tanker fleet for year-round navigation via the Northern Sea Route. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 79. P. 26 — 38. EDN FYUGRY. (In Russ.)

## ВВЕДЕНИЕ

После введения Европейским союзом в 2022 г. эмбарго на морской импорт российской нефти большая часть экспортных потоков арктической нефти, отгружаемой из Мурманска, была перенаправлена главным образом в Китай и Индию [1]. Доставка нефти из европейской части России в Азию осуществляется по Южному морскому пути (ЮМП) через Суэцкий канал или по Северному морскому пути (СМП). Объем перевозок по СМП в восточном направлении увеличился благодаря интенсификации судоходства в летне-осенний период, однако обеспечение круглогодичной навигации наливных судов остается нерешенной задачей.

Приоритетом государственной политики России в Арктике является развитие СМП как круглогодичной и конкурентоспособной транспортной артерии [2]. Перенаправление грузопотоков углеводородов в восточном направлении и интерес к СМП как стратегическому маршруту требует пополнения арктического флота наливных судов. Изучение перспектив данного вопроса включает навигационные, технические, экономические, климатические и экологические аспекты [3, 4]. Экономическая эффективность играет ключевую роль в формировании решений по развитию арктического судоходства и комплексной оценке потенциала СМП, что делает актуальной задачу оценки экономической эффективности транспортировки нефти наливными судами ледовых классов с учетом долгосрочных прогнозов ледовой обстановки.

Результаты изучения экономической эффективности перевозок нефти по СМП в Азию за последнее десятилетие нашли отражение в ряде публикаций [4 — 7]. Большинство зарубежных исследований ограничиваются анализом судов ледового класса 1А (Arc4), предназначенных для сезонной навигации, и подтверждают, что в летне-осенний период СМП является конкурентной альтернативой ЮМП. При этом вопрос организации круглогодичной навигации не рассматривается.

В центре внимания отечественных ученых традиционно находятся вопросы навигационных, конструктивных и технических возможностей организации круглогодичной навигации по СМП судов высоких ледовых классов. Однако исследований, направленных на комплексный анализ экономической эффективности круглогодичной транспортировки нефти по СМП в восточном направлении, все еще недостаточно.

В контексте анализа перспектив пополнения флота наливных судов для организации круглогодичных перевозок в восточном направлении необходимы дальнейшие исследования для определения конкретных условий и сценариев, при которых СМП может максимально эффективно использоваться в коммерческих целях.

Целью данной работы является исследование влияния ледового класса судов и условий их эксплуатации на экономические показатели транспортировки нефти в условиях климатических изменений в Арктике. Задачей, направленной на достижение поставленной цели, является разработка модели годовой эксплуатации наливных судов ледовых классов, используемых для транспортировки нефти по СМП в Азию. Модель должна учитывать влияние ледовых и навигационных условий, характеристик маршрута, скоростных параметров судов, а также иметь в качестве выходных параметров переменные и постоянные эксплуатационные затраты.

## 1. МОДЕЛЬ ГОДОВОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАЛИВНЫХ СУДОВ

Схема взаимосвязи ключевых факторов разработанной модели годовой эксплуатации наливных судов представлена на рис. 1.

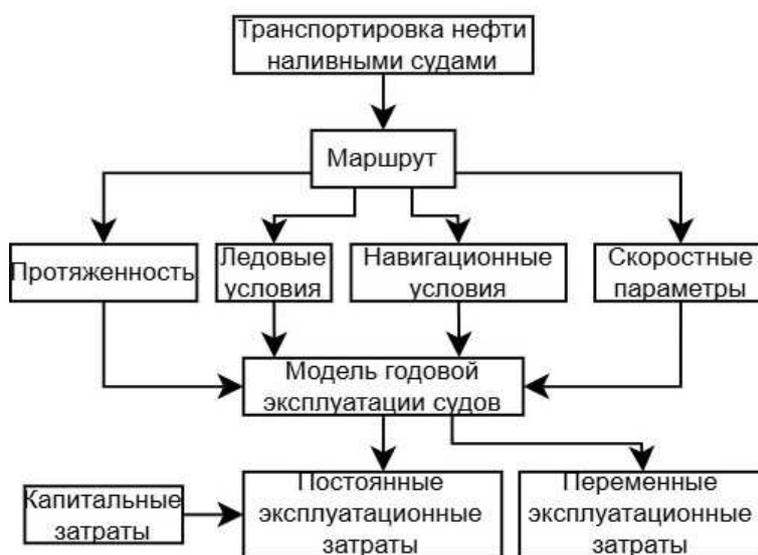


Рис. 1. Структура модели годовой эксплуатации наливных судов

В исследовании оценивается экономическая эффективность транспортировки углеводородов по СМП на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона на примере перенаправления потоков нефти с рейдовых перегрузочных комплексов Кольского залива в порт Циндао (Китай).

В рамках работы рассматриваются два сценария: эксплуатация наливных судов ледовых классов в режиме прямых рейсов между Кольским заливом и портом Циндао, а также транспортировка нефти с перевалкой в районе Петропавловска-Камчатского на конвенциональные суда для дальнейшей доставки в Циндао.

На основе анализа позиций судов в реальном времени, выполненного с использованием данных навигационного портала MarineTraffic, были выделены две основные судоходные трассы: прибрежная и высокоширотная, а также перспективная приполюсная транзитная линия. Схема судоходных трасс СМП с указанием районов акватории представлена на рис. 2: черным цветом обозначены прибрежная и высокоширотная трассы, а желтым — приполюсная транзитная линия.

Прибрежная трасса характеризуется меньшей глубиной и большей протяженностью по сравнению с высокоширотной, что ограничивает ее использование для крупнотоннажных наливных судов. Учитывая эти ограничения, настоящее исследование сосредоточено на высокоширотной трассе и перспективной приполюсной транзитной линии.

Для определения ледовых условий, складывающихся в районах эксплуатации судов, были проанализированы ледовые условия на выделенных судоходных трассах за 1998 — 2021 гг. по комплексным картам ледовой обстановки арктических морей, составленным в ФГБУ «ААНИИ» и размещенным на официальном сайте учреждения.

В 1990-х — начале 2000-х гг. наблюдались наиболее суровые ледовые условия, затем до конца 2010-х гг. происходило их постепенное облегчение, а в последние годы отмечается тенденция к усложнению. Разброс



Рис. 2. Схема судоходных трасс и районов акватории СМП:

- 1 — юго-западная часть Карского моря; 2 — северо-восточная часть Карского моря; 3 — западная часть моря Лаптевых; 4 — восточная часть моря Лаптевых; 5 — юго-западная часть Восточно-Сибирского моря; 6 — северо-восточная часть Восточно-Сибирского моря; 7 — Чукотское море

повторяемости типов ледовых условий по годам требует учета этой неопределенности, поэтому в исследовании применен сценарный подход для оценки эффективности проекта. Рассматриваются три сценария: пессимистический, отражающий похолодание и возвращение ледовой обстановки 1990-х — начала 2000-х гг.; оптимистический, воспроизводящий благоприятные для судоходства условия конца 2010-х гг.; базовый, соответствующий наиболее часто наблюдаемым ледовым условиям в каждом районе СМП.

Гидрографической особенностью арктических морей являются участки с глубинами в несколько десятков метров. Минимальная проходная глубина на высокоширотной трассе, согласно [8], составляет 17 м и зафиксирована к северу от Новосибирских островов. В данном исследовании на этой трассе рассматривается эксплуатация судов размерной группы Panamax с максимальной осадкой около 14 м.

На приполюсной транзитной линии отсутствуют ограничения по проходным глубинам. Неопределенность тарификации ледокольной проводки перспективными атомными ледоколами проекта 10510 типа «Лидер» (ЛК-120Я) затрудняет оценку экономической эффективности перевозок углеводородов по этой трассе. В данном исследовании рассмотрена эксплуатация на приполюсной транзитной линии наливных судов ледового класса Arc9, не требующих ледокольной проводки при любых ледовых условиях. Для анализа использованы суда размерных групп Suezmax и Panamax, что позволяет сравнить показатели транспортировки нефти судами Panamax на этой линии и на высокоширотной трассе.

Глубины на маршрутах между Петропавловском-Камчатским и Циндао позволяют безопасно пройти крупнотоннажным судам, а порт Циндао оснащен глубоководными терминалами. Эти факторы обусловили выбор для перевалки нефти судов Aframax ледового класса Ice3, принятых в исследовании в качестве конвенциональных.

Для сравнительной оценки эффективности наливных судов арктических ледовых классов на СМП проанализирована круглогодичная эксплуатация судов Ice3 (Panamax, Suezmax) на ЮМП. Для судов ледовых классов Arc4 — Arc6 оценена эффективность комбинированных рейсов по СМП и ЮМП для круглогодичной транспортировки углеводородов при несоответствии ледового класса критериям допуска в акваторию СМП [9]. Во время следования по ЮМП для наливных судов предполагается заход в порт Фуджейра (ОАЭ) с целью bunkеровки. Эксплуатация судов ледовых классов Arc7 — Arc9 рассмотрена в режиме круглогодичной навигации на трассах СМП.

Значения средних эксплуатационных скоростей наливных судов в условиях ледового плавания определены с учетом значений безопасных скоростей, зависящих от толщины условно ровного льда и ледового класса судна [11].

Средняя эксплуатационная скорость на чистой воде принята равной 80 % от проектной. Согласно данным Регистровых книг классификационных обществ — членов МАКО, проектная скорость большинства наливных судов ледовых классов составляет 14 — 15 уз. Для судов ледовых классов Ice3 и Arc4 — Arc7 принята проектная скорость 15 уз, а для судов ледовых классов Arc8 — Arc9, оснащенных энергетическими установками с избыточным запасом мощности на чистой воде, — 17 уз. Значения средних эксплуатационных скоростей приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Средние эксплуатационные скорости наливных судов в узлах

Ледовый класс	Режим ледового плавания	Тип ледовых условий						Чистая вода
		Тяжелый		Средний		Легкий		
		ЛН	ЗН	ЛН	ЗН	ЛН	ЗН	
Arc9	СП	5,9		10		12		13,6
Arc8	СП	5,9	4,7	—		—		
	ПЛ	—	5,9	—		—		
Arc7	СП	4,5	2	9,5	8,5	10,8		12
	ПЛ	—	5,9	—		—		
Arc6	СП	—		5	2,9	9,5		—
	ПЛ	—		—	9,5	—		
Arc5	СП	—		—		9,5	5,9	—
	ПЛ	—		9,5		—		
Arc4	СП	—		—		6	2	—
	ПЛ	—		5		—		
Ice3	СП	—		—		5	—	—
	ПЛ	—		—		—		

Примечание. СП — самостоятельное плавание; ПЛ — под проводкой ледокола; ЛН — летняя навигация; ЗН — зимняя навигация.

Для моделирования годовой эксплуатации наливных судов ледовых классов, совершающих круговые рейсы между Кольским заливом и портом Циндао при принятых сценариях ледовых условий, в Microsoft Excel создана дискретная временная шкала. Годовой цикл транспортировки разделен на месяцы и временные интервалы, соответствующие времени прохождения районов акватории, где ледовые условия приняты неизменными в течение месяца, а район характеризуется протяженностью и скоростью движения судна в зависимости от типа ледовых условий. Для каждого района рассчитаны затраты топлива и определена необходимость ледокольной проводки. Итоговые дискретные данные формируют основу для оценки эффективности транспортировки нефти за год для каждого сценария ледовых условий, включая количество доставок, среднюю скорость, расход топлива и объем ледокольной проводки.

Результаты моделирования годовой эксплуатации наливных судов ледовых классов на маршруте Кольский залив — Циндао без перевалки груза представлены в табл. 2. В скобках указана процентная разница при транспортировке с перевалкой.

Продолжительность одного захода в порт, независимо от его цели (загрузка, разгрузка, бункеровка), принята равной 2 суткам, а технического обслуживания и ремонта судов — 5 суткам в год.

Таблица 2

Модель годовой эксплуатации наливных судов ледовых классов между Кольским заливом и портом Циндао				
Ледовый класс	Доставок груза	Всего заходов в порт	Суэцкий канал: кол-во проходов	Средняя годовая скорость, уз
Оптимистический сценарий				
Arc9 прип.	8 (38 %)	15 (40 %)	—	10,8 (–9 %)
Arc9	8 (38 %)	15 (47 %)	—	11,5 (–8 %)
Arc8	8 (38 %)	15 (47 %)	—	11,5 (–8 %)
Arc7	7 (43 %)	13 (46 %)	—	10,2 (–6 %)
Arc6	6 (50 %)	13 (38 %)	1 (0 %)	10,2 (–5 %)
Arc5	6 (33 %)	13 (38 %)	1 (0 %)	9,8 (–7 %)
Arc4	5 (20 %)	10 (30 %)	1 (0 %)	7,9 (–10 %)
Базовый сценарий				
Arc9 прип.	7 (43 %)	14 (36 %)	—	10 (–11 %)
Arc9	7 (43 %)	14 (43 %)	—	10,8 (–9 %)
Arc8	7 (43 %)	14 (43 %)	—	10,7 (–9 %)
Arc7	7 (29 %)	13 (38 %)	—	9,5 (–7 %)
Arc6	6 (33 %)	13 (31 %)	2 (0 %)	9,7 (–3 %)
Arc5	6 (17 %)	13 (38 %)	2 (0 %)	10,3 (–6 %)
Arc4	5 (20 %)	11 (18 %)	2 (0 %)	8,8 (–11 %)
Ice3	3	14	7	10,9
Ice3 пер.	19	38	—	9,3
Пессимистический сценарий				
Arc9 прип.	6 (50 %)	12 (42 %)	—	9,1 (–14 %)
Arc9	7 (29 %)	13 (31 %)	—	9,5 (–12 %)
Arc8	6 (33 %)	12 (33 %)	—	9,2 (–13 %)
Arc7	6 (17 %)	11 (27 %)	—	8,5 (–16 %)
Arc6	4 (0 %)	14 (7 %)	6 (0 %)	10,4 (–3 %)
Arc5	4 (0 %)	14 (14 %)	6 (0 %)	10,7 (–1 %)
Arc4	4 (0 %)	13 (0 %)	5 (20 %)	10,3 (0 %)

Примечание. Прип. — приполюсная транзитная линия; пер. — перевалка.

## 2. ВЫХОДНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИ

На основе результатов моделирования (табл. 2) определяются постоянные и переменные эксплуатационные затраты. Для комплексного анализа эффективности, помимо эксплуатационных затрат, учитываются также капитальные затраты на постройку наливных судов. Структура затрат на транспортировку углеводородов наливными судами с указанием выбранного в работе способа расчета представлена в табл. 3.

### 2.1. Капитальные затраты и мощность судовой энергетической установки

Капитальные затраты на постройку судов рассчитывались по методике [12] на основе масс разделов нагрузки и полной мощности судовой энергетической установки. Массы элементов нагрузки раздела 01 «Корпус» определялись с учетом влияния ледового класса по методу [22], а массы прочих разделов нагрузки, входящих в водоизмещение порожнем, пересчитывались с прототипа. Для судов ледового класса Ice3 использовались данные наливного судна проекта 15781 (Ice2), для судов ледовых классов Arc4 — Arc9 — судна проекта 23130 (Arc4). Полная мощность судовой энергетической установки принималась по наибольшему из двух значений: мощности на чистой воде или мощности, необходимой для обеспечения ледопроходимости.

Мощность наливных судов на чистой воде рассчитывалась по методу [23]. Ввиду различий в форме корпуса судов низких и высоких ледовых классов коэффициент буксировочного сопротивления и площадь смоченной поверхности определялись разными методами. Для судов ледовых классов Ice3 и Arc4 применялся метод [23], основанный на подходе Гулдхаммера — Харвальда, так как их обводы близки к судам неледového плавания. Для судов ледовых классов Arc5 — Arc9 применялся метод ФГУП «КГНЦ» [24], основанный на регрессионном анализе данных буксировочных испытаний моделей судов ледового плавания.

Таблица 3

## Структура затрат на транспортировку углеводородов наливными судами

Вид	Составляющая затрат	Способ расчета
Капитальные затраты	Проектирование, подготовка производства и постройка судна	В соответствии с методикой, предложенной в [12], путем расчета по конструктивным группам с учетом среднего значения годовой инфляции в США в размере 2,9 % за 2000–2020 гг.
Постоянные эксплуатационные затраты	Содержание экипажа	Заработная плата одного члена экипажа в размере 4000 долл. США/мес. (среднее значение для моряков, занятых на нефтяных танкерах, согласно [13]). Численность экипажа судна принята 24 чел., что соответствует минимальным требованиям для круглосуточной работы с трехменным графиком вахт при совмещении профессий [14] Страховые взносы согласно ст. 425 НК РФ [15] и страхование случаев травматизма, суммарно 33 % от заработной платы Стоимость питания одного члена экипажа в размере 15 долл. США/сут на основе данных о стоимости питания экипажей морских судов, опубликованных Министерством транспорта РФ в декабре 2009 г. [16], с учетом инфляции в США за период 2009 — 2022 гг.
	Техническое обслуживание и ремонт	В размере 1,095 % капитальных затрат в год [17]
	Страхование	Страховая премия (P&I, H&M) в размере 0,343 % капитальных затрат в год [17] Страховая премия за страхование ледовых рисков в акватории СМП в размере 15 долл. США/GT в год, согласно [18] с учетом инфляции в США за период 2001 — 2022 гг.
Переменные эксплуатационные затраты	Ледокольная проводка	Прямой расчет на основании предельных тарифов на ледокольную проводку судов, оказываемую ФГУП «Атомфлот» в акватории СМП [19]
	Топливо	Прямой расчет на основании мощности, необходимой для движения судна с заданной скоростью на чистой воде или с безопасной скоростью в зависимости от типа ледовых условий и ледового класса
	Суэцкий канал: сбор за проход	Прямой расчет на основании тарифов на прохождение Суэцкого канала, опубликованных на официальном сайте Администрации Суэцкого канала
	Страхование	Страховая премия за страхование от угрозы пиратства в размере 4 долл. США/GT за один проход через Аденский залив. Это значение эквивалентно надбавке за угрозу пиратства в размере 40 долл. США/TEU, приведенной в [20]
	Портовые сборы	В размере 0,428 долл. США/GT за один заход в порт согласно [21]
Примечание. Затраты, изначально рассчитанные в долларах США приведенными методами, конвертированы в рубли по среднему курсу 67 руб./долл. США согласно данным ЦБ РФ за 2022 г.		

Для определения минимальной мощности судовой энергетической установки, необходимой для обеспечения ледопроеходимости в соответствии с ледовым классом судна, применялась формула, установленная Правилами РС [25], учитывающая угол наклона форштевня, ширину корпуса и водоизмещение. Для оценки реальной мощности в ледовых условиях, необходимой для прогнозирования расхода топлива, для судов всех ледовых классов было выполнено определение ледового сопротивления в зависимости от условий эксплуатации.

Сопротивление под проводкой ледокола и при самостоятельном ледовом плавании в летне-осенний период рассчитано по формуле из [26], описывающей движение судна в сплоченных мелкобитых льдах. Для самостоятельного ледового плавания в зимне-весенний период применен метод расчета сопротивления при непрерывном движении в сплошных льдах [27].

Мощность на чистой воде при движении судна в грузу определялась при осадке по проектную ватерлинию, а в балластном переходе — при осадке в балласте, при этом составляя в среднем 60 % от мощности при движении в грузу. При ледовом плавании мощность судовой энергетической установки всегда определялась при осадке по проектную ватерлинию.

В табл. 4 представлены основные технико-экономические характеристики судов, включая значения мощности на чистой воде (в грузу) и при различных ледовых условиях, применяемые для оценки расхода топлива.

Таблица 4

## Основные технико-экономические характеристики судов

Параметр	Ice3	Arc4	Arc5	Arc6	Arc7	Arc8	Arc9	Ice3	Arc9
	Panamax							Suezmax	
$DW$ , т	66876	65062	64238	61873	60117	48897	44770	154599	112231
$GT_R$	36205	36205	36205	36205	36205	36205	36205	74800	74800
$\Delta_0$ , т	16057	17871	18695	21060	22816	24798	28924	28114	51254
$K$ , млн руб.	6025	7062	7389	8272	9013	9675	11290	10114	19203
$P$ , кВт	13807	16068	20576	25545	33211	34027	53178	17850	74111
$P_{\text{чист}}$ , кВт	7844	7844	9365	9365	9365	13054	13054	11798	21780
$P_{\text{ЛНСП}}$ , кВт (легкие)	—	6873	5090	5390	6255	6054	6054	—	12785
$P_{\text{ЗНСП}}$ , кВт (легкие)	—	4918	4417	5084	6510	6545	6545	—	10606
$P_{\text{ЛНСП}}$ , кВт (средние)	—	—	—	6506	8043	7698	7698	—	16206
$P_{\text{ЗНСП}}$ , кВт (средние)	—	—	—	6496 (1)	14249	14619	14619	—	22673
$P_{\text{ЗНПЛ}}$ , кВт (средние)	—	8714	6703	7097 (2 — 7)	—	—	—	—	—
$P_{\text{ЗНСП}}$ , кВт (тяжелые)	—	—	—	—	14328 (1)	18637 (1) 23026 (2, 7)	21341 (1) 26335 (2 — 7)	—	32268 (1) 39197 (2 — 7)
$P_{\text{ЗНПЛ}}$ , кВт (тяжелые)	—	—	—	—	27578 (2 — 7)	25983 (3 — 6)	—	—	—

Примечание.  $DW$  — дедвейт, рассчитанный с учетом массы ледовых усилений корпуса и главной энергетической установки в зависимости от ледового класса судна;  $GT_R$  — уменьшенная валовая вместимость для расчета тоннажных сборов нефтеналивных судов с танками изолированного балласта, рассчитанная в соответствии с Правилами обмера морских судов РС [28];  $\Delta_0$  — водоизмещение судна порожнем;  $K$  — капитальные затраты на постройку наливных судов;  $P$  — полная мощность судовой энергетической установки;  $P_{\text{чист}}$  — мощность на чистой воде;  $P_{\text{ЛНСП}}$  — мощность при самостоятельном плавании в летне-осенний период навигации;  $P_{\text{ЗНСП}}$  — мощность при самостоятельном плавании в зимне-весенний период навигации;  $P_{\text{ЗНПЛ}}$  — мощность при плавании под проводкой ледокола в зимне-весенний период навигации.  
Цифры в скобках обозначают районы акватории СМП, для которых рассчитана мощность.

Для оценки соответствия расчетных значений капитальных затрат и полной мощности судовой энергетической установки контрольным значениям были выполнены расчеты этих величин для контрольных судов согласно принятым методикам.

В качестве контрольных значений капитальных затрат принята оценочная стоимость строительства наливных судов: 142 млн долл. США (Arc7) и 112 млн долл. США (Arc5) водоизмещением 70 тыс. т [29], а также 124 млн долл. США (Arc6) дедвейтом 69 тыс. т [30]. Расчетные капитальные затраты отклоняются от контрольных на 6,6 % (Arc5), 5,9 % (Arc6) и 12 % (Arc7).

Погрешность определения расчетной полной мощности судовой энергетической установки составила для судов ледового класса Arc7 — 5,4 % («Борис Соколов»), 1 % («Енисей») и 18,7 % (суда серии «Штурман»); для судов ледового класса Arc6 — 2,4 % («Василий Динков») и 4,8 % («Михаил Ульянов»).

Отклонения расчетных значений капитальных затрат и полной мощности судовой энергетической установки от контрольных значений в пределах 1 — 12 % находятся в допустимых границах для инженерно-экономических расчетов. Более высокое отклонение (18,7 %) для судов серии «Штурман» объясняется их уменьшенной осадкой.

При анализе совокупных затрат на транспортировку капитальные затраты учитываются в виде ежегодного возврата их части, включая возврат части затрат на вложенный капитал и части амортизационных отчислений.

При выборе схемы долгосрочного финансирования экстремальные колебания процентных ставок не рассматривались, поскольку в условиях их резкого роста развитие капиталоемких проектов, включая судостроение, существенно замедляется или приостанавливается из-за высокой стоимости привлеченного капитала.

С учетом данных об условиях кредитования в сфере судостроения, представленных в отчетах АО «ОСК» за 2016 — 2020 гг., в качестве расчетной схемы долгосрочного финансирования принят рублевый банковский кредит со ставкой 11,5 % годовых и сроком возврата 20 лет в период эксплуатации судна. Предусматривается применение мер государственной поддержки, включающих субсидирование 25 % капитальных затрат на строительство судов в соответствии с [31]. Оставшиеся 75 % покрываются за счет собственных средств судовладельца (30 %) и банковского кредита (45 %).

Возврат капитальных затрат, вложенного капитала и амортизационных отчислений осуществляется в течение срока полезной эксплуатации судна, принятого равным 20 годам, при этом ежегодный возврат рассчитывался по следующей формуле:

$$K_{annual} = (xK + A)/20,$$

где  $x = 1,58$  — коэффициент возврата капитальных затрат с учетом принятой схемы долгосрочного финансирования и мер государственной поддержки;

$A = K - \Delta_0 C_{scrap} 10^{-6}$  — амортизационные отчисления, млн руб.;

$C_{scrap}$  — ставка за тонну металлолома, составляющая 26 595 руб./т по состоянию на 2020 г. [32].

## 2.2. Эксплуатационные затраты

Для оценки расхода топлива движение судов ледовых классов описывалось совокупностью затрачиваемой мощности (табл. 4) и времени в пути, которое рассчитывалось на основе эксплуатационной скорости (табл. 1) и протяженности судоходных трасс.

Средний удельный расход топлива судовых дизельных двигателей принят на уровне  $0,18 \cdot 10^{-3}$ , т/(кВт·ч) на основе данных [33] для судов, построенных после 2000 г. Суточный расход топлива в порту принят равным 19,3 т согласно [6], этот же показатель использован для периода технического обслуживания и ремонта судна.

В связи с ожидаемым запретом на остаточные виды топлива в Арктике [34, 35] для перехода по СМП принято использование низкосернистого судового дистиллятного топлива (LSMGO), а по ЮМП — низкосернистого мазута (VLSFO). Средние цены на эти виды топлива, рассчитанные на основе данных Marine Bunker Exchange на момент начала исследования (12.10.2022), составили 1030 долл. США/т для LSMGO и 714 долл. США/т для VLSFO.

Затраты на ледокольную проводку рассчитаны исходя из ее минимального объема, определенного на основе ледовых условий и критериев допуска судов в акваторию СМП [9], что обусловлено ограниченным числом ледоколов.

## 3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ

Для поиска путей снижения совокупной стоимости транспортировки проведен анализ процентной структуры годовых эксплуатационных затрат с учетом ежегодного возврата капитальных затрат, затрат на вложенный капитал и амортизационных отчислений для судов, перевозящих нефть до порта Циндао без перевалки или до перевалочного пункта в районе Петропавловска-Камчатского. На рис. 3 представлен график, иллюстрирующий распределение этих затрат по категориям.

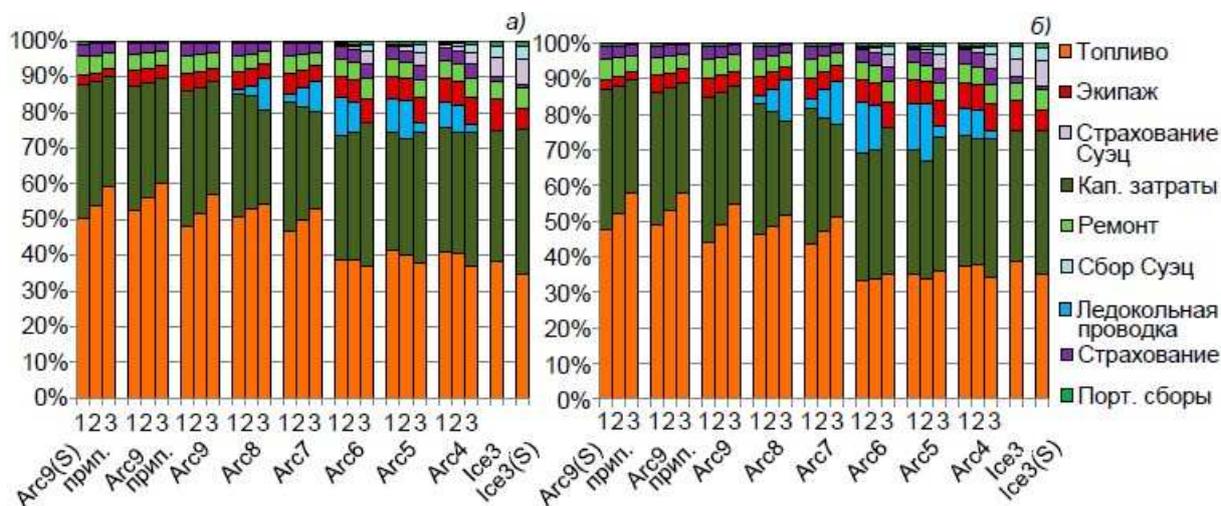


Рис. 3. Процентная структура годовых эксплуатационных затрат и ежегодного возврата капитальных затрат, затрат на вложенный капитал и амортизационных отчислений судов размерных групп Panamax и Suezmax (S):

*a* — без перевалки; *б* — с перевалкой; 1 — оптимистический сценарий; 2 — базовый сценарий; 3 — пессимистический сценарий

Представление данных в графическом формате вместо точных числовых значений обусловлено стратегической оценкой проекта, где важнее выявление структуры затрат и их влияния на эффективность, чем детализация показателей. Такой подход обеспечивает универсальность анализа в условиях неопределенности входных данных для реализации реального проекта.

Топливные затраты являются основным компонентом годовых эксплуатационных затрат. При транспортировке нефти без перевалки они составляют около 40 % для судов ледовых классов Ice3, Arc4 — Arc6 и 50 — 60 % для судов ледовых классов Arc7 — Arc9. В случае транспортировки с перевалкой доля топливных затрат снижается в среднем на 3 — 5 % для судов всех ледовых классов.

Снижение доли топливных затрат и рост числа доставок судами ледовых классов Arc7 — Arc9 на 40 % в оптимистическом и базовом сценариях и на 20 — 30 % в пессимистическом (табл. 2) указывает, что транспортировка нефти с перевалкой повышает эффективность использования судов высоких ледовых классов.

Доля капитальных затрат для судов ледовых классов Ice3, Arc4 — Arc6 в среднем сопоставима с затратами на топливо. Для судов ледовых классов Arc7 — Arc9 топливные затраты превышают капитальные в 1,5 раза.

Доля затрат на ледокольную проводку варьируется от 1 — 10 % при транспортировке без перевалки, до 2 — 16 % с перевалкой, что сопоставимо с расходами на экипаж, ремонт и страхование судов. Для судов ледовых классов Arc4 — Arc6, выполняющих комбинированные рейсы по СМП и ЮМП, доля затрат на ледокольную проводку выше в оптимистическом и базовом сценариях из-за ограничений их эксплуатации в тяжелых ледовых условиях. Для судов классов Arc7 — Arc8, эксплуатируемых круглогодично на СМП, доля этих затрат максимальна в пессимистическом сценарии.

В пессимистическом сценарии у судов Arc6 отсутствовали затраты на ледокольную проводку, так как, согласно [9], при тяжелых ледовых условиях они не допускаются на СМП даже под проводкой ледокола, а в условиях средней тяжести могут двигаться самостоятельно.

Суда размерной группы Suezmax демонстрируют схожую структуру затрат с судами размерной группы Panamax своего ледового класса, с незначительным снижением доли топливных затрат и увеличением доли капитальных затрат.

Анализ эксплуатационных затрат указывает на необходимость повышения топливной эффективности и оптимизации ледопроеходимости судов как на этапе их проектирования (включая обоснованный выбор ледового класса), так и в ходе их эксплуатации. В процессе эксплуатации снижение затрат на топливо может быть достигнуто за счет оптимизации скорости движения судов. Кроме того, согласование скидок на тарифы на ледокольную проводку (допускается политикой ФГУП «Атомфлот» [19]) может позволить увеличить объем проводки без пропорционального роста затрат на нее, позволяя судам дольше следовать за ледоколом и снижать расход топлива.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье представлена модель годовой эксплуатации наливных судов ледовых классов, используемых для транспортировки нефти по СМП в Азию. На ее основе проведен расчет постоянных и переменных эксплуатационных затрат на транспортировку нефти наливными судами во всем диапазоне арктических ледовых классов по СМП, а также конвенциональными наливными судами по ЮМП. Для комплексного анализа эффективности были определены капитальные затраты на постройку наливных судов. Расчетные значения указанных величин получены на основе реалистичных входных данных с учетом перспективных изменений в судоходстве.

Данное исследование направлено на оценку влияния ледового класса судов и особенностей их эксплуатации на экономическую эффективность транспортировки нефти. Результаты исследования показали:

- 1) транспортировка нефти с перевалкой способствует более эффективному использованию потенциала судов высоких ледовых классов, существенно увеличивая количество доставок груза судами ледовых классов Arc7 — Arc9 и обеспечивая снижение доли топливных затрат, что указывает на целесообразность использования перевалки для повышения экономической эффективности транспортировки нефти по СМП;
- 2) для дальнейшего исследования вопросов обеспечения круглогодичной навигации по трассам СМП приоритетное внимание следует уделить наливным судам ледовых классов Arc7 — Arc9 как наиболее перспективным для пополнения флота;

3) для поддержания рентабельности СМП необходимы меры государственной поддержки, включая субсидии на строительство флота, скидки на ледокольную проводку и льготные режимы налогообложения.

Полученные результаты могут быть использованы при обосновании решений о пополнении флота и выборе оптимальных схем транспортировки нефти при разработке стратегий перевозок в условиях изменчивой ледовой обстановки в Арктике.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на анализ долгосрочной экономической эффективности круглогодичной транспортировки нефти по СМП на протяжении жизненного цикла судна с учетом временной стоимости денег. Кроме того, важным направлением является оценка способности флота наливных судов ледовых классов обеспечивать стабильный вывоз сырьевой базы в условиях зимне-весеннего периода навигации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как вырос экспорт российской нефти и СПГ. [Электронный ресурс] URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/kитай-zakupaet-novye-sorta-iz-rf-eksport-rossiiskoi-nefti-v-2022-vyros-na-8-spg-44> (дата обращения 20.05.2025).
2. Указ Президента РФ от 31 июля 2022 г. № 512 «Об утверждении Морской доктрины Российской Федерации».
3. Таровик О.В. Моделирование систем арктического морского транспорта: основы междисциплинарного подхода и опыт практических работ / О.В. Таровик, А.Г. Топаж, А.Б. Крестьянцев, А.А. Кондратенко // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 1 (25). — С. 86 — 101.
4. Wang D. Feasibility of the Northern Sea Route for oil shipping from the economic and environmental perspective and its influence on China's oil imports / D. Wang, R. Ding, Y. Gong, R. Wang et al. // Marine Policy. — 2020. — Vol. 118. — P. 104006.
5. Faury O. The Northern Sea Route competitiveness for oil tankers / O. Faury, P. Cariou // Transportation Research Part A: Policy and Practice. — 2016. — Vol. 94. — P. 461 — 469.
6. Zhang Y. Shipping efficiency comparison between Northern Sea Route and the conventional Asia-Europe shipping route via Suez Canal / Y. Zhang, Q. Meng, S.H. Ng // Journal of Transport Geography. — 2016. — Vol. 57. — P. 241 — 249.
7. Штрек А.А. Оценка возможности вывоза нефти из района Хатанги по СМП танкерами класса Aframax / А.А. Штрек // Offshore Russia. — 2018. — №1 (19). — С. 24 — 27.
8. Афонин А.Б. Разработка методов оценки проходных глубин на трассах северного морского пути в зависимости от подробности съемки рельефа дна / А.Б. Афонин, Е.О. Ольховик, А.Л. Тезиков // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2016. — №4 (38). — С. 62 — 68.
9. Постановление Правительства РФ от 18 сентября 2020 г. № 1487 «Об утверждении Правил плавания в акватории Северного морского пути».
10. Апполонов Е.М. Развитие методов определения ледовых нагрузок и требований к конструкциям ледовых усилений / Е.М. Апполонов, В.В. Платонов, В.Н. Тряскин // Арктика: экология и экономика. — 2020. — №1 (37). — С. 65 — 81.
11. Тряскин В.Н. Методические рекомендации для обоснования допустимых условий эксплуатации судна во льдах / В.Н. Тряскин, М.А. Кутейников, С.О. Рудь, Н.А. Крупина и др. // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2024. — № 74. — С. 11 — 22.
12. Иконников А.Ф. Оценка стоимости судов: уч. пос. / А.Ф. Иконников, Е.В. Маслюк. — Калининград: БИЭФ, 2004. — 107 с.
13. Про зарплаты в танкерном флоте. [Электронный ресурс] URL: <https://seanews.ru/2020/06/23/ru-pro-zarplaty-v-tankernom-flote/> (дата обращения 20.05.2025).
14. Приказ Министерства транспорта РФ от 23 ноября 2020 г. № 504 «Об утверждении Положения о минимальном составе экипажей самоходных транспортных судов».
15. Федеральный закон от 05.08.2000 № 117-ФЗ «Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая)». [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 07.08.2024).
16. Проект постановления Правительства Российской Федерации «О расходах на рацион питания экипажей морских и речных судов, за исключением судов рыбопромыслового флота». [Электронный ресурс] URL: <https://www.mintrans.gov.ru/documents/3/263> (дата обращения 20.05.2025).
17. Hino M. Progress of Maritime Shipping Industry and Current Situation / M. Hino; Financial Department of Ehime Bank. — 2011. (На яп. языке.)
18. Kitagawa H. The Northern Sea Route, the shortest sea route linking East Asia and Europe / H. Kitagawa. — Tokyo: Ship and Ocean Foundation, 2001. — 238 p.
19. Приказ Федеральной службы по тарифам от 4 марта 2014 г. № 45-т/1 «Об утверждении тарифов на ледокольную проводку судов, оказываемую ФГУП "Атомфлот" в акватории Северного морского пути».
20. Upadhyaya S. Piracy in the Gulf of Aden: Naval challenges / S. Upadhyaya // Maritime Affairs: Journal of the National Maritime Foundation of India. — 2010. — Vol. 6, No. 2. — P. 133 — 147.
21. Furuichi M. Proposing a common platform of shipping cost analysis of the Northern Sea Route and the Suez Canal Route / M. Furuichi, N. Otsuka // Maritime Economics & Logistics. — 2015. — Vol. 17, No. 1. — P. 9 — 31.
22. Сулов А.Н. Метод определения массы корпуса наливных судов ледового плавания на начальных стадиях проектирования / А.Н. Сулов, Е.Ю. Линник // Морские интеллектуальные технологии. — 2022. — № 2-2 (56). — С. 15 — 21.
23. Kristensen H.O. Prediction of resistance and propulsion power of ships. Project no. 2010-56 / H.O. Kristensen, M. Lützen // Emissionsbeslutningsstottesystem. — 2012. — Work Package 2, Report no. 04.
24. Косоротов А.В. Метод оценки буксировочного сопротивления современных ледоколов и судов ледового плавания на чистой воде / А.В. Косоротов // Труды Крыловского государственного научного центра. — 2020. — № 1 (391). — С. 29 — 41.
25. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VII. Механические установки / Российский морской регистр судоходства. — СПб., 2022.

26. Каштелян В.И., Позняк И.И., Рывлин А.Я. Сопротивление льда движению судна. — Л.: Судостроение, 1968. — 238 с.
27. Lindquist G. A straightforward method for calculation of ice resistance of ships // POAC'89. — 1989.
28. Правила обмера морских судов / Российский морской регистр судоходства. СПб., 2022.
29. Чижков Ю.В. Арктическая морская транспортная система / Ю.В. Чижков. — СПб.: Медиапапир, 2021. — 96 с.
30. «Роснефть» переплатит за танкер для перевозки нефти: СМИ. [Электронный ресурс] URL: [www.eadaily.com/ru/news/2018/12/24/rosneft-pereplatit-za-tanker-dlya-perevozki-nefti-smi](http://www.eadaily.com/ru/news/2018/12/24/rosneft-pereplatit-za-tanker-dlya-perevozki-nefti-smi) (дата обращения 20.05.2025).
31. Постановление Правительства РФ от 4 декабря 2019 г. № 1584 «Правила предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение части затрат, связанных со строительством крупнотоннажных судов».
32. Консолидированная финансовая отчетность за 2020 год по МСФО. [Электронный ресурс] URL: <https://www.scf-group.com/investors/disclosure/financialstatementsinrubles/?year=2020> (дата обращения 20.05.2025).
33. Winther M. Fuel consumption and emissions from navigation in Denmark from 1990-2005 — and projections from 2006-2030. Technical Report No. 650 / M. Winther // National Environmental Research Institute. — 2007.
34. Реуцкий А.С. Определение основных путей реализации климатических проектов на водном транспорте / А.С. Реуцкий, Д.С. Семионичев, А.А. Михеева // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2024. — № 75. — С. 4 — 15.
35. Resolution MEPC.329(76) 2021 Amendments to the Annex of the International convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto.

## REFERENCES

1. Kak vyros eksport rossiiskoi nefi i SPG [How Russian oil and LNG exports have grown]. URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/kitai-zakupaeat-novye-sorta-iz-rf-eksport-rossiiskoi-nefti-v-2022-vyros-na-8-spg-44> (accessed 20.05.2025).
2. Ukaz Prezidenta RF ot 31.07.2022 № 512 "Ob utverzhdenii Morskoi doktriny Rossiiskoi Federatsii" [Decree of the President of the Russian Federation No. 512 of Jul 31, 2022 "On the approval of the Maritime Doctrine of the Russian Federation"].
3. Tarovik O.V., Topazh A.G., Krest'yantsev A.B., Kondratenko A.A. Arctic marine transport system simulation: Multidisciplinary approach fundamentals and practical experience. *Arctic: Ecology and Economy*. 2017. No. 1 (25). P. 86 — 101. (In Russ.)
4. Wang D., Ding R., Gong Y., Wang R. et al. Feasibility of the Northern Sea Route for oil shipping from the economic and environmental perspective and its influence on China's oil imports. *Marine Policy*. 2020. Vol. 118. P. 104006.
5. Faury O., Cariou P. The Northern Sea Route competitiveness for oil tankers. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2016. Vol. 94. P. 461 — 469.
6. Zhang Y., Meng Q., Ng S.H. Shipping efficiency comparison between Northern Sea Route and the conventional Asia-Europe shipping route via Suez Canal. *Journal of Transport Geography*. 2016. Vol. 57. P. 241 — 249.
7. Shtrek A.A. Otsenka vozmozhnosti vyvoza nefi iz rayona Khatangi po SMP tankerami klassa Aframax [Assessment of the possibility of oil export from the Khatanga region via the NSR by Aframax-class tankers]. *Offshore Russia*. 2018. No. 1 (19). P. 24 — 27.
8. Afonin A.B., Ol'hovik E.O., Tezikov A.L. Development of the assessment methods of anadromous depths on the Northern Sea Route depending on the detail of survey of the bottom relief. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova [Bulletin of Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping]*. 2016. No. 4 (38). P. 62 — 68. (In Russ.)
9. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 18.09.2020 № 1487 "Ob utverzhdenii Pravil plavaniya v akvatorii Severnogo morskogo puti" [Resolution of the Government of the Russian Federation No. 1487 of September 18, 2020 "On the approval of the Rules of navigation in the Northern Sea Route water area"].
10. Appolonov E.M., Platonov V.V., Tryaskin V.N. Development of methods for determining ice loads and requirements for ice reinforcement structures. *Arctic: Ecology and Economy*. 2020. No. 1 (37). P. 65 — 81. (In Russ.)
11. Tryaskin V.N., Kuteynikov M.A., Rud S.O., Krupina N.A. et al. Methodological recommendations for justification of allowable conditions for operating of ships in ice. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2024. No. 74. P. 11 — 22. (In Russ.)
12. Ikonnikov A.F., Maslyuk E.V. Otsenka stoimosti sudov. Uchebnoe posobie [Assessment of ship cost: a study guide]. Kaliningrad: BIEF, 2004. 107 p.
13. Pro zarplaty v tankernom flote [About salaries in the tanker fleet]. URL: <https://seanews.ru/2020/06/23/ru-pro-zarplaty-v-tankernom-flote/> (accessed 20.05.2025).
14. Prikaz Ministerstva transporta RF ot 23.11.2020 № 504 "Ob utverzhdenii Polozheniya o minimal'nom sostave ekipazhei samokhodnykh transportnykh sudov" [Order No. 504 of November 23, 2020 of the Ministry of Transport of the Russian Federation "On the approval of the Regulation on the minimum safe manning of self-propelled transport vessels"].
15. Federal'nyi zakon ot 05.08.2000 № 117-FZ "Nalogovyi kodeks Rossiiskoi Federatsii (chast' vtoraya)" [Federal Law N 117-FZ of 05.08.2000 "Tax Code of the Russian Federation (Part Two)"]. URL: <http://www.consultant.ru> (accessed 07.08.2024).
16. Proekt postanovleniya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii "O raskhodakh na ratsion pitaniya ekipazhey morskikh i rechnykh sudov, za isklyucheniem sudov rybnopromyslovogo flota" [Draft resolution of the Government of the Russian Federation on expenses for the diet of crews of sea and river vessels, except for fishing fleet vessels]. URL: <https://www.mintrans.gov.ru/documents/3/263> (accessed 20.05.2025).
17. Hino M. Progress of maritime shipping industry and current situation / Financial Department of Ehime Bank. 2011. (In Japanese.)
18. Kitagawa H. The Northern Sea Route, the shortest sea route linking East Asia and Europe. Tokyo: Ship and Ocean Foundation, 2001. 238 p.
19. Prikaz Federal'noi sluzhby po tarifam ot 4 marta 2014 g. № 45-t/1 "Ob utverzhdenii tarifov na ledokol'nuyu provodku sudov, okazyvaemyu FGUP "Atomflot" v akvatorii Severnogo morskogo puti". Order No. 45-t/1 of March 4, 2014 of the Federal Tariff Service "On the Approval of Tariffs for Icebreaker Assistance Provided by FSUE "Atomflot" in the Water Area of the Northern Sea Route".
20. Upadhyaya S. Piracy in the Gulf of Aden: Naval challenges. *Maritime Affairs: Journal of the National Maritime Foundation of India*. 2010. Vol. 6, No. 2. P. 133 — 147.
21. Furuichi M., Otsuka N. Proposing a common platform of shipping cost analysis of the Northern Sea Route and the Suez Canal Route. *Maritime Economics & Logistics*. 2015. Vol. 17, No. 1. P. 9 — 31.
22. Suslov A.N., Linnik E.Y. Method for determining the weight of the hull of ice-going tankers at the initial stages of design. *Marine Intellectual Technologies*. 2022. No. 2-2(56). P. 15 — 21. (In Russ.)

23. Kristensen H.O., Lützen M. Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships. Project no. 2010-56. *Emissionsbeslutningsstøttesystem*. 2012. Work Package 2, Report no. 04.
24. Kosorotov A.V. Towing resistance assessment method for modern icebreakers and ice-going vessels in open water. *Transactions of the Krylov State Research Centre*. 2020. No. 1 (391). P. 29 — 41. (In Russ.)
25. Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships. Part VII: Machinery Installations / Russian Maritime Register of Shipping. St. Petersburg, 2022.
26. Kashtelyan V.I., Poznyak I.I., Ryvlin A.Y. Soprotivlenie l'da dvizheniyu sudna [Ice resistance of ships]. Leningrad: Sudostroenie, 1968. 238 p.
27. Lindquist G. A straightforward method for calculation of ice resistance of ships. *Proceedings of POAC'89*. 1989.
28. Rules for the tonnage measurement of sea-going ships / Russian Maritime Register of Shipping. St. Petersburg, 2022.
29. Chizhkov Yu.V. Arkticheskaya morskaya transportnaya sistema [Arctic Maritime Transport System]. St. Petersburg: Mediapapir, 2021. 96 p.
30. "Rosneft" pereplatit za tanker dlya perevozki nefi: SMI ["Rosneft" to overpay for oil tanker: Media reports]. URL: <https://www.eadaily.com/ru/news/2018/12/24/rosneft-pereplatit-za-tanker-dlya-perevozki-nefti-smi> (accessed 20.05.2025).
31. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 04.12.2019 № 1584 "Pravila predostavleniya subsidii iz federal'nogo byudzheta rossiiskim organizatsiyam na finansovoe obespechenie chasti zatrat, svyazannykh so stroitel'stvom krupnotonnazhnykh sudov" [Resolution of the Government of the Russian Federation No. 1584 of December 4, 2019 "Rules for Providing Subsidies from the Federal Budget to Russian Organizations for Financial Support of Part of the Costs Associated with the Construction of Large-Capacity Ships"].
32. Konsolidirovannaya finansovaya otchetnost' za 2020 god po MSFO [Consolidated financial statements for 2020 under IFRS]. URL: <https://www.scf-group.com/investors/disclosure/financialstatementsinrubles/?year=2020> (accessed 20.05.2025).
33. Winther M. Fuel consumption and emissions from navigation in Denmark from 1990-2005 — and projections from 2006-2030. Technical Report No. 650. *National Environmental Research Institute*. 2007.
34. Reutskii A.S., Semionichev D.S., Mikheeva A.A. Identification of the main ways to implement climate projects in waterborne transport. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2024. No. 75. P. 4 — 15. (In Russ.)
35. Resolution MEPC.329(76) 2021 Amendments to the Annex of the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto.