

УДК 656.615
EDN DZHAWG

ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МОРСКИХ ПОРТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.О. Березин, д-р. экон. наук, профессор, Российский морской регистр судоходства, 191186 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: berezin.ao@rs-class.org

Статья посвящена идентификации системных проблем развития морских портов России и анализу отечественных и зарубежных методических подходов к оценке эффективности и потенциала морских портов. На основе обзора нормативных документов, научных публикаций и статистических данных выявлены основные ограничения, сдерживающие развитие российских морских портов: высокий износ основных фондов (60–75 %), структурные диспропорции в развитии специализированных терминалов, несоответствие параметров работы портовой и предшествующей ей инфраструктуры, отсутствие доступа к необходимым для оценки и качества работы и верификации данным и влияние санкционных ограничений. Рассмотрены отечественные методики (трехкомпонентная модель транспортно-логистического потенциала региона, интегральная оценка проектов ГЧП, стейкхолдерский подход, официальные методики Минтранса России, имитационное моделирование в AnyLogic) и зарубежные инструменты (CPPI Всемирного банка, PISI ЮНКТАД/КМИ, PORTS Benchmark, DEA, MCDM-модели) оценки эффективности работы портовой инфраструктуры. Выполнен сравнительный анализ их применимости, выявлены барьеры для их применения. Сделан вывод о необходимости разработки гибридной национальной методики оценки, включающей лучшие международные практики с учетом выявленных особенностей российских портов. Результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании инструментария государственного управления и обосновании инвестиционных решений в сфере портовой инфраструктуры.

Ключевые слова: портовая инфраструктура, транспортно-логистический потенциал, грузооборот, методика оценки, оценка потенциала портовой инфраструктуры, инвестиционные проекты в инфраструктуру, государственно-частное партнерство, опорная сеть морских портов.

Для цитирования: Березин А.О. Обзор отечественных и зарубежных методических подходов к оценке эффективности работы морских портов Российской Федерации / А.О. Березин // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2026. — Т. 56, № 2. — С. 54–67. — EDN DZHAWG.

OVERVIEW OF DOMESTIC AND FOREIGN METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF RUSSIAN SEAPORTS

A.O. Berezin, DSc, Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: berezin.ao@rs-class.org

This article focuses on identifying systemic issues in the development of Russian seaports and analyzing domestic and international methodological approaches to assessing their efficiency and potential. Based on a review of regulatory documents, academic publications, and statistical data, the study identifies key constraints hindering the development of Russian seaports: high levels of fixed asset depreciation (60–75%), structural imbalances in the development of specialized terminals, mismatches between the operational parameters of ports and their supporting infrastructure, a lack of access to data required for performance assessment and verification, and the impact of sanctions. The study examines domestic methodologies (a three-component model of a region's transport and logistics potential, an integrated assessment of PPP projects, a stakeholder approach, official methodologies from the Russian Ministry of Transport, and simulation modeling in AnyLogic) and international tools (the World Bank's CPPI, PISI of UNCTAD/KMI, PORTS Benchmark, DEA, and MCDM models) for evaluating the performance of port infrastructure. A comparative analysis of their applicability has been conducted, and barriers to their implementation have been identified. The study concludes that there is a need to develop a hybrid national assessment methodology that incorporates best international practices while accounting for the specific characteristics of Russian ports. The research findings can be used to refine public administration tools and substantiate investment decisions in the port infrastructure sector.

Key words: port infrastructure, transport and logistics potential, cargo turnover, assessment methodology, assessment of port infrastructure potential, infrastructure investment projects, public-private partnership, backbone network of seaports.

For citation: Berezin A.O. Overview of domestic and foreign methodological approaches to assessing the operational efficiency of Russian seaports. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2026. Vol. 56, No. 2. P. 54–67. EDN DZHAWG. (In Russ.)

ВВЕДЕНИЕ

Портовая инфраструктура Российской Федерации является стратегическим элементом национальной транспортной системы, обеспечивающим внешнеторговые экономические связи страны. Морские и речные порты выполняют не только экономическую, но и оборонную функцию, обеспечивая транспортную доступность отдаленных регионов, в частности районов Крайнего Севера. В начале следует дать определение слова «порт», являющегося объектом исследования. В данном исследовании порт представляет собой, во-первых, транспортный узел в защищенной акватории, предназначенный для стоянки, погрузки, разгрузки и ремонта судов, а также для пересадки пассажиров, а во-вторых, инфраструктурный комплекс: совокупность сооружений (причалы, доки, склады, краны, железнодорожные пути), оборудования и служб, обеспечивающих перевалку грузов и обслуживание флота. То есть порт в данном исследовании — понятие в самом широком смысле.

Однако развитие портовой инфраструктуры России сталкивается с комплексом системных проблем, требующих методической базы для их диагностики и выработки решений. Актуальность проблемы обусловлена отсутствием полного набора качественных и количественных индикаторов, характеризующих состояние и потенциал развития данной сферы экономической деятельности нашей страны.

Сегодня мировая торговля и логистика ставят перед портовыми комплексами новые задачи: грузопотоки растут, экологические требования становятся строже, а участники рынка хотят, чтобы суда обслуживались своевременно, быстрее и дешевле. Поэтому при прогнозе развития и оценке результатов деятельности портового комплекса важно не только учитывать динамику развития технических характеристик основных фондов портов, влияющих на их пропускную способность, но и прогнозировать и анализировать, насколько хорошо они адаптируются к переменам, как управляются и насколько слаженно взаимодействуют с другими участниками перевозок. Значительная часть российских портов была построена еще в советское время, износ их основных фондов велик, а больше половины гаваней не способны принимать крупнотоннажные суда вследствие недостаточных глубин. Дополнительную сложность создает асинхронность развития портовой и сопряженной транспортной инфраструктуры.

Целью настоящей статьи является систематизация проблем развития портовой инфраструктуры России и анализ существующих методических подходов к оценке ее потенциала для последующего совершенствования инструментария управленческих решений.

СОСТАВ И АКТУАЛЬНАЯ ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ РОССИИ

Портовая инфраструктура Российской Федерации включает 61 морской порт. По данным Ассоциации морских торговых портов (АСОП), по итогам 2025 г. грузооборот морских портов России составил 860,76 млн т, что на 0,4 % ниже показателя 2024 г. При этом в четвертом квартале 2025 г. наблюдался рост на 6 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, что составило 231,1 млн т.

Динамика первых месяцев 2026 г. демонстрирует неоднозначную картину. В январе–феврале 2026 г. грузооборот снизился на 4,7 % по сравнению с аналогичным периодом 2025 г., составив 129,5 млн т. Однако по итогам первого квартала 2026 г. (январь–март) грузооборот составил 210,1 млн т, что на 0,6 % превышает показатель первого квартала 2025 г. Это может свидетельствовать о постепенной стабилизации после спада в начале 2026 г.

Структура грузопотока по бассейнам и направлениям

Значительная неравномерность в распределении грузопотоков по морским бассейнам сохраняется. За последние три года структура грузооборота по бассейнам выглядит следующим образом (рис. 1).

В первом квартале 2026 г. динамика по бассейнам стала более разнонаправленной:

- Дальневосточный бассейн: рост на 8,9 % до 38,0 млн т;
- Арктический бассейн: рост на 14,6 % до 15,9 млн т;
- Балтийский бассейн: снижение на 8,1 % до 41,3 млн т;
- Азово-Черноморский бассейн: падение на 19,1 % до 33,1 млн т.

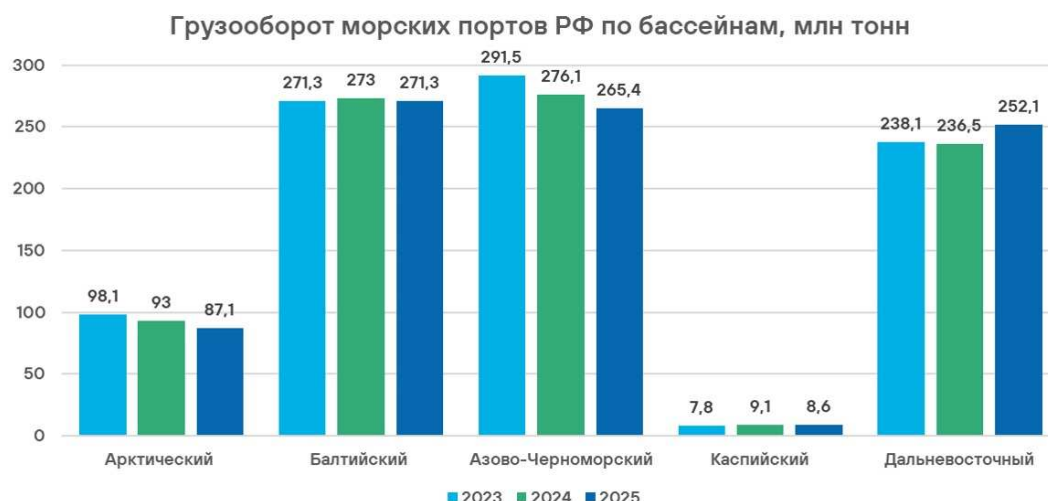


Рис. 1. Динамика грузопотока морских портов РФ за период 2023–2025 гг.

В качестве причин снижения динамики грузопотока в портах Балтийского и Азово-Черноморского бассейнов следует указать преимущественно влияние внешнеполитической ситуации, а также переориентацию части грузопотоков на порты Дальневосточного региона.

Говоря о грузообороте как об одном из показателей эффективности портовой деятельности, следует обратить внимание на соотношение уровня загрузки портов (коэффициента использования его мощностей) и рентабельности активов портов. Рентабельность активов — важнейший экономический показатель, который для российских портов может быть охарактеризован как довольно низкий. Это связано со многими факторами, в том числе санкционным давлением, специализацией портов, ценами на энергоресурсы.

К ключевым параметрам, характеризующим портовую инфраструктуру, относятся:

- пропускная способность (максимальный объем грузов, который порт может обработать за определенный период);
- надежность (устойчивость работы в различных условиях, включая климатические и сезонные факторы);
- затраты на содержание и эксплуатацию объектов;
- технологический уровень (степень автоматизации, наличие современных систем управления и мониторинга);
- время обработки грузов и судов;
- уровень обслуживания клиентов и партнеров.

Эти показатели напрямую влияют на ключевые характеристики транспортных процессов: время доставки грузов, время простоя транспорта, стоимость перевозки и качество сервиса.

Кроме этого, существует ряд технических характеристик портов (см. табл. 1.), влияющих на основные технико-экономические показатели функционирования портовой инфраструктуры. Анализируя техническую сторону эффективности использования портовой инфраструктуры, отметим, что наблюдаемая динамика свидетельствует о нарастающих проблемах в эксплуатации материально-технической базы.

Таким образом, в нашей стране до сих пор не выработаны единый подход и модель оценки эффективности функционирования портовой инфраструктуры, что не позволяет проводить анализ текущих условий на будущие результаты развития портов в стране.

Таблица 1

Основные технические характеристики некоторых крупных морских портов РФ

Порт	Площадь территории морского порта, га	Площадь акватории морского порта, км ²	Количество причалов, ед.	Длина причального фронта морского порта, п. м	Пропускная способность грузовых терминалов, всего, тыс. т в год	Пропускная способность пассажирских терминалов, пассажиров в год	Максимальные габариты судов, заходящих в порт (осадка/длина/ширина), м	Площадь крытых складов, тыс. м ²	Площадь открытых складов, тыс. м ²	Емкости резервуаров для хранения нефтепродуктов, тыс. т
Ванино	458	16	21	3382	25 140	70 000	18,5/292/45	42,35	373,3	210,9
Владивосток	222,82	131,06	55	11 947	19 223,3	33 850	13/290/35	255,7	400,1	217,83
Пригородное	19,808	57,8	4	951,3	19 600	—	17,5/300/без ограничений	—	—	—
Находка	370,8	127,4	133	19 011	33 786	174 000	11,5/250/44	125,4	605	27
Калининград	832,36	17,73	102	14 463	40 079,2	17 000	9,4/200/30	162,87	509,2	312,7
Высоцк	143,6	1,26	8	1595,7	17 000	—	13,2/250/44	—	81	460
Усть-Луга	1181,9	67,56	38	7217,2	120 880,25	—	15,0/320,0/50,0	68,52	815,98	1262,9
Приморск	247,5	31,77	12	3058,66	89 500	—	15,85/307/55	2	4	921
Мурманск	645,9	53,7	97	11 525,8	22 972,2	140 000	нет ограничений	91,3	187,8	68,1
Астрахань	199,67	54,96	30	4402,1	7771,3	—	4,2/150/20	10,97	201,7	125,2
Новороссийск	238	344	88	15 287	152 109,3	1 662 520	13,1/295,2/45,04	95,121	696,5	—
Архангельск	215,2	1120	74	8794	11 532,9	—	9,2/190/30	134,55	502	13,5
Санкт-Петербург	660,3	616,9	144	22 538	105 820,39	40 863	11/320/42	137,8	2978	321,7
Сабетта	179,5	1177	11	2365,80	30 317,80	—	12/315/50	—	—	200
Магадан	32,6	17,38	7 причалов, 3 пирса	1707,55	2790	—	9,88/162,1/22,86	32,4	25,2	25
Туапсе	37,75	25,18	36	5877,12	38 490	15 314	15/250/45	23,43	50,6	430

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Выявление системных проблем развития портовой инфраструктуры в РФ

На конец 2025 г. годовая пропускная способность портов РФ составляла **1484,5 млн т** при фактической перевалке 881,8 млн т. Формальный профицит мощностей (коэффициент использования около 63 %) сочетается с острым дефицитом специализированных терминалов, особенно для перевалки минеральных удобрений и контейнерных грузов. Это указывает на структурные диспропорции в развитии портовой инфраструктуры.

Наиболее острой проблемой, присущей как морским, так и речным портам, является критический износ основных средств. Большинство портов было построено в советский период, и в настоящее время износ оборудования и причальных сооружений достигает 60–75 %. Данный фактор не позволяет в полной мере использовать производственные мощности, увеличивает срок обработки грузов и снижает пропускную способность портов.

Проблема усугубляется несоответствием наземной транспортной инфраструктуры растущей пропускной способности портов. Имеющиеся автомобильные и железнодорожные подходы не справляются с возрастающими грузопотоками, что создает «узкие места» в транспортно-логистической цепи. Кроме того, наблюдается недостаток перегрузочных мощностей, что регулярно приводит к заторам и дополнительным расходам на хранение грузов.

Особую озабоченность вызывает ситуация с развитием портовой инфраструктуры в Арктической зоне. По экспертным оценкам, только в портах Северного морского пути в ближайшие пять лет потребуется выполнить дноуглубление объемом около **60 млн м³**. Санкционные ограничения заблокировали возможность привлечения зарубежных подрядчиков, обладающих необходимым флотом и технологиями для масштабных дноуглубительных работ. Собственные возможности России в этой сфере остаются крайне ограниченными: в 2025 г. было выполнено дноуглубление объемом лишь около **2,2 млн м³**.

В 2025 г. по Северному морскому пути перевезено 37,04 млн т грузов — незначительный рост по сравнению с предыдущим годом. Впервые по Северному морскому пути в Европу прошло судно под флагом КНР.

Банк развития ВЭБ.РФ совместно с партнерами финансирует проекты Трансарктического транспортного коридора с общим объемом инвестиций около **2 трлн руб.** Проект включает развитие портовой инфраструктуры от Лавны в Мурманске до Суходола в Приморском крае.

Поставлена задача в рамках национального проекта «Эффективная транспортная система» увеличить совокупную мощность российских морских портов к 2030 г. на **225,4 млн т в год**. Ключевым элементом программы федерального проекта «Развитие опорной сети морских портов» станет строительство к 2036 г. 17 новых терминалов, рассчитанных на разнообразные виды грузов.

Реализация крупных портовых проектов требует значительных капитальных вложений. Однако возможности федерального бюджета ограничены, что требует использования различных форм государственно-частного партнерства (ГЧП) и инструментов фондового рынка. При этом многие проекты характеризуются высокими рисками, включая геополитические, технологические и экономические, что затрудняет привлечение частных инвесторов.

Стратегические ориентиры развития

В соответствии с национальным проектом «Эффективная транспортная система» в рамках программы развития опорной сети морских портов установлены целевые показатели увеличения мощности морских портов к 2030 г. на 225,4 млн т.

Развитие портовой инфраструктуры также предполагает создание логистических центров за рубежом. Минпромторг РФ анонсировал инвестиции в создание промышленных парков, логистических центров и портовой инфраструктуры в дружественных странах — от Китая до государств Африки и Латинской Америки.

Методические подходы к оценке потенциала развития портовой инфраструктуры

Эффективное управление развитием портовой инфраструктуры на уровне страны или региона невозможно без адекватного методического инструментария, позволяющего диагностировать текущее состояние, выявлять «узкие места» и обосновывать приоритетные направления инвестирования.

В целях оценки эффективности использования инфраструктуры портовых комплексов водного транспорта необходимо создание методики, которая позволит объективно оценивать текущее состояние объектов, выявлять проблемные зоны и скрытые резервы роста, обосновывать инвестиционные решения и обеспечивать сопоставимость показателей работы схожих портов в разных регионах.

Чтобы правильно модернизировать порты и понимать, насколько их грузопоток может вырасти, нужно изучить, как они реально работают с учетом износа оборудования, сезонных пиков, форс-мажоров и изменений в правилах. Необходимо составить полную картину состояния портовой инфраструктуры в России, выявить главные проблемы и неиспользованные возможности.

Ниже рассмотрим основные существующие методические подходы к оценке, прогнозированию, планированию портовых мощностей и оценке возможности увеличения потенциала портовой инфраструктуры.

Трехкомпонентная модель оценки транспортно-логистического потенциала региона

В работе [1] предлагается трехкомпонентная модель транспортно-логистического потенциала водного транспортного комплекса региона. Изучение причин и условий, влияющих на использование логистических возможностей транспортного кластера, позволяет выделить три основных направления его жизнедеятельности:

- 1) портово-промышленная компонента — отражает возможности порта как элемента промышленной инфраструктуры, его связи с производственными предприятиями региона;
- 2) индустриальная компонента — характеризует технологический уровень портового хозяйства, состояние перегрузочного оборудования и складских мощностей;
- 3) дистрибуционная компонента — определяет способность порта обеспечивать распределение грузопотоков, взаимодействие с другими видами транспорта.

Данные компоненты имеют устойчивые связи и взаимно влияют друг на друга. В рамках этой модели мощному (устойчивому) транспортно-логистическому потенциалу соответствуют математические характеристики, расположенные в рамках естественных цифровых индикаторов при тенденции к росту. Слабый (неустойчивый) потенциал характеризуется выходом числовых выражений за границы этих рамок при стремлении к снижению.

Предложенная авторами модель позволяет рассчитать интегральный показатель транспортно-логистического потенциала, который может быть использован органами исполнительной власти субъектов РФ для принятия оперативных управленческих решений. Многокомпонентный анализ трех направлений обеспечивает возможность объективной характеристики водного транспортного комплекса региона и проведения рейтинговой оценки субъектов РФ.

Практическая апробация: по мнению авторов, административные территории с преобладающим транспортно-логистическим потенциалом должны одними из первых претендовать на освоение государственных и коммерческих инвестиций, а также на интеграцию транспортных систем путем применения искусственного интеллекта и автоматизации производственных процессов, поскольку эти регионы могут стать локомотивами инновационного развития всех отраслей хозяйственной жизни.

Методика интегральной оценки конкурсных проектов

В работе [2] исследована проблематика конкурсного отбора проектов ГЧП в портовой отрасли. Существующий спектр критериев, по которым проводится оценка конкурсных предложений, включает довольно узкий, но емкий круг показателей финансово-экономической эффективности и квалификационного уровня претендентов.

На основе анализа зарубежных методик и отечественного опыта авторами предложено более четкое разграничение оценки как конкурсных предложений, так и самих претендентов. Разработана схема оценки, основанная на разделении конкурсных критериев на четыре группы:

- 1) технико-экономические — характеризуют техническую реализуемость и экономическую целесообразность проекта;
- 2) финансовые (для конкурсного предложения) — оценивают финансовую модель проекта, источники и условия финансирования;
- 3) финансово-инвестиционные (для инвесторов) — отражают инвестиционные возможности и обязательства претендента;
- 4) организационные (для инвесторов) — характеризуют управленческую компетентность и опыт реализации аналогичных проектов.

Предложен алгоритм расчета интегральной конкурсной оценки с использованием балльного метода, успешно апробированного в различных условиях реализации проектов. Данный подход способствует более сбалансированному и оптимальному выбору лучшего предложения как с точки зрения содержания, так и с учетом потребностей и возможностей инвестора.

Стейкхолдерский подход к оценке эффективности портов (на примере Дальневосточного бассейна)

В исследовании [3] рассматриваются актуальные методические вопросы оценки эффективности морских портов на основе стейкхолдерского подхода. Авторы отмечают, что традиционные подходы к оценке эффективности портов являются недостаточными, поскольку не учитывают интересы различных групп стейкхолдеров (заинтересованных сторон).

Новизна исследования заключается в комплексном оценочном подходе, который учитывает интересы стейкхолдеров и увязывает результаты с концепцией устойчивого развития. Методология включает формирование интегрального показателя эффективности, представляющего собой свертку стейкхолдерских индикаторов эффективности на основе анализа различных аспектов деятельности порта и их влияния на региональное и национальное развитие.

Результаты исследования имеют широкий спектр практического применения как с точки зрения повышения конкурентоспособности порта, так и для устойчивого развития и сбалансированного роста в социально-экономическом и экологическом контекстах.

*Государственные нормативные методические подходы к прогнозированию/планированию
развития портовой инфраструктуры*

1. Официальная методика Минтранса России: расчет прироста мощности опорной сети морских портов.

В рамках национального проекта «Эффективная транспортная система» Минтрансом России утверждена Методика расчета показателя «Прирост мощности опорной сети морских портов на Азово-Черноморском направлении» (приказ от 30.10.2024 № 384)¹. Данная методика представляет собой официальный инструмент мониторинга достижения целей федерального проекта. Это инструмент государственного управления, который позволяет:

- прозрачно и единообразно отслеживать прогресс в развитии портовой инфраструктуры;
- своевременно выявлять отклонения от планов и корректировать работу;
- контролировать достижение национальных целей по развитию транспортной системы, установленных

Президентом РФ.

Суть методики заключается в суммировании прироста мощностей всех новых морских терминалов, которые будут построены в портах юга России в рамках национального проекта. Источниками информации для расчета являются административные данные, включая акты о вводе в эксплуатацию объектов капитального строительства, разрешения на ввод объектов в эксплуатацию, инвестиционные декларации.

2. Транспортная стратегия РФ до 2030 года (прогнозирование грузооборота и портовых мощностей).

В рамках Транспортной стратегии РФ до 2030 года разработаны методические основы определения перспективного грузооборота и объема портовых мощностей. Методологический подход базируется на двух компонентах:

- 1) анализ современного состояния грузовой базы;
- 2) прогноз изменений грузовой базы на период до 2030 г.

Ключевые факторы прогнозирования грузопотоков:

- развитие в прогнозируемый период российской экономики и ее внешнеторговых связей;
- развитие грузообразующих отраслей экономики и их экспортных возможностей;
- потребность страны в импортных товарах;
- прогнозируемые изменения на мировых товарных рынках;
- деятельность конкурентов России на мировом рынке.

При прогнозировании учитываются стратегические документы грузообразующих отраслей:

- Энергетическая стратегия России на период до 2030 года;
- Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года;
- Программа развития угольной промышленности;
- Стратегии развития металлургической, химической и лесной промышленности.

2.1. Целевые индикаторы реализации Стратегии развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года (табл. 2).

Таблица 2

Система целевых индикаторов реализации стратегии развития портовой инфраструктуры

Задача	Целевые индикаторы
Увеличение портовых мощностей	Объем перевалки грузов; объем портовых мощностей; коэффициент использования перегрузочных комплексов
Обеспечение безопасности	Уровень охвата портов береговыми средствами обеспечения безопасности мореплавания; средствами АСГ и ЛРН-готовности; средствами по сбору и утилизации отходов
Повышение конкурентоспособности	Суммарная валовая вместимость судов; соотношение портовых сборов на 1 т грузооборота; доля российских внешнеторговых грузов, перерабатываемых в портах сопредельных государств
Совершенствование управления	Бюджетная эффективность государственных инвестиций в портовую инфраструктуру (внутренняя норма доходности бюджетных вложений)

Транспортной стратегией РФ до 2030 года предусмотрено увеличение более чем в два раза объема грузооборота отечественных морских портов (до 1013,4–1196,1 млн т в зависимости от сценария развития) и прирост портовых мощностей на 408–758 млн т (по сравнению с 2013 г.).

¹ Методика расчета показателя «Прирост мощности опорной сети морских портов на Азово-Черноморском направлении». Утверждена приказом Минтранса России от 30.10.2024 № 384.

Методика оценки инвестиционных проектов создания и развития морских портов

В исследовании [4] сформулированы методические принципы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов создания и развития морских портов и терминалов.

Ключевые принципы:

- принцип альтернативности — рассмотрение всех возможных вариантов организации технологических процессов на терминале и выбор варианта с лучшими значениями показателей эффективности. Данный принцип необходимо использовать как для оценки эффективности проекта в целом, так и для оценки эффективности для каждого участника;
- учет сложного состава участников проектов — проекты создания и развития морских портов всегда затрагивают государственные интересы и являются формой ГЧП;
- учет специфики отрасли — основные объекты инфраструктуры морских портов, земельные участки находятся в федеральной собственности.

Авторы отмечают, что современные компьютерные технологии позволяют достаточно точно моделировать технологические процессы портового терминала и на их основе рассчитывать технико-экономические показатели деятельности.

Применение имитационного моделирования для оценки пропускной способности портовой инфраструктуры

В работе [5] предложили применять инструменты имитационного моделирования определения оптимальных параметров «сухих портов» (тыловых контейнерных терминалов). Данный подход предполагает оценку сценариев развития портовой инфраструктуры на этапе стратегического планирования.

Особенности подхода:

- использование программной среды AnyLogic для построения имитационных моделей систем «морской порт — сухой порт»;
- оценка максимальной перерабатывающей способности существующего морского порта в условиях увеличения неравномерности грузопотоков;
- определение оптимальных параметров сооружаемого «сухого порта».

Результаты модельных экспериментов позволяют сделать вывод о достаточности выбранных параметров для эффективной оценки сценариев усиления пропускной и перерабатывающей способности существующих морских портов на этапе стратегического планирования. Предложенный инструментарий может быть использован инвесторами и органами государственной власти для обоснования решений по сбалансированному развитию транспортно-логистической инфраструктуры регионов размещения морских портов.

Сравнительный анализ рассмотренных подходов/методов

Для наглядного представления рассмотренных методических подходов и их областей применения данные сведены в таблицу (табл. 3).

Обзор зарубежных методик оценки портовой инфраструктуры

Оценка эффективности портовой инфраструктуры является одним из ключевых направлений исследований в областях транспортной экономики и логистики. В условиях глобализации цепочек поставок, ужесточения экологических требований и цифровизации процессов возрастает потребность в объективных, сопоставимых и многоаспектных инструментах измерения производительности портов. Зарубежная практика предлагает ряд методик, варьирующихся от индексных подходов на основе автоматических данных до многокритериальных и имитационных моделей. Ниже рассмотрены наиболее релевантные из них, описана их сущность, сильные и слабые стороны, а также в табл. 4 рассмотрена специфика их применения в Российской Федерации.

Таблица 3

Методические подходы оценки транспортной инфраструктуры

Методический подход	Объект оценки	Ключевой инструмент	Область применения
Трехкомпонентная модель	Транспортно-логистический потенциал региона	Интегральный показатель (портово-промышленная, индустриальная, дистрибуционная компоненты)	Региональное планирование, рейтингование субъектов РФ
Интегральная оценка конкурсных проектов	Проекты ГЧП в портовой отрасли	Балльный метод, 4 группы критериев	Конкурсный отбор инвесторов
Стейкхолдерский подход	Эффективность морских портов	Интегральный показатель с учетом интересов стейкхолдеров	Сравнительный анализ портов, устойчивое развитие
Государственные нормативные методические подходы	Прирост мощности опорной сети портов	Суммирование прироста новых морских терминалов (мощностей)	Мониторинг нацпроекта «Эффективная транспортная система»
	Грузовая база портов	Анализ грузообразующих отраслей, макроэкономическое моделирование	Стратегическое планирование
Оценка инвестиционных проектов	Инвестиционные проекты портов	Принцип альтернативности, ГЧП-анализ	Обоснование капитальных вложений
Имитационное моделирование	Пропускная способность («морской порт — сухой порт»)	AnyLogic, сценарный подход	Стратегическое планирование развития

Индекс эффективности контейнерных портов (Container Port Performance Index — CPPI) Всемирного банка и S&P Global Market Intelligence.

CPPI представляет собой глобальный эталон, определяющий эффективность обработки контейнеровозов по времени от швартовки до отхода судна. Расчет основан исключительно на объективных данных автоматической идентификационной системы (AIS), что исключает субъективные отчеты операторов. Ежегодно индекс охватывает более 400 портов мира и позволяет проводить сопоставительный анализ как в разрезе отдельных терминалов, так и по регионам и группам доходов [6, 7].

Методика стимулирует порты к повышению операционной эффективности за счет прозрачности результатов и публичного характера рейтингов. Однако ее применение ограничено исключительно контейнерными терминалами и не учитывает перевалку наливных, насыпных и генеральных грузов, которые доминируют в структуре грузооборота большинства российских портов. Кроме того, индекс чувствителен к качеству и полноте AIS-данных, а также не принимает во внимание локальные факторы — погодные условия, состояние подходов каналов, трудовые конфликты или особенности инфраструктуры тыла. В российских условиях историческая ориентация портов на сырьевые грузы (уголь, нефть, удобрения) существенно снижает релевантность CPPI. Дополнительные ограничения создают неполнота AIS-покрытия во внутренних водных путях и ряде дальневосточных портов, а также высокий износ перегрузочного оборудования, объективно ухудшающий временные показатели даже при эффективном управлении.

Глобальный индекс достаточности портовой инфраструктуры (Port Infrastructure Sufficiency Index — PISI) ЮНКТАД и Корейского морского института².

PISI оценивает порты по трем основным измерениям: пунктуальности (на основе AIS-данных о времени стоянки), безопасности и защищенности, а также уровню цифровизации и ИКТ-инфраструктуры (последние два компонента базируются на экспертных опросах). Индекс сочетает объективные и субъективные данные, что позволяет учитывать не только операционную эффективность, но и устойчивость к угрозам и готовность к цифровой трансформации.

Преимуществом подхода является его комплексный характер и адаптируемость к различным типам портов и национальным контекстам. Однако зависимость от опросных данных вносит элемент субъективизма, а необходимость регулярного сбора и верификации большого массива разнородной информации повышает трудоемкость. В России применимость PISI существенно ограничена режимом закрытости информации об инцидентах на стратегических объектах портовой инфраструктуры. Значительный разрыв в уровне цифровизации между портами-лидерами (Санкт-Петербург, Новороссийск) и периферийными объектами, а также отсутствие института независимого аудитора снижают доверие к результатам и затрудняют сопоставление с международными данными.

²Global Port Infrastructure Sufficiency Index. — URL: <https://unctad.org/project/global-port-infrastructure-sufficiency-index-pisi> (дата обращения 29.06.2026).

Платформа PORTS Benchmark (европейский консорциум портов).

Данная платформа ориентирована на бенчмаркинг физических активов портов — причальных стенок, тыловых территорий, дорожной инфраструктуры — с использованием ключевых показателей эффективности (KPI), таких как состояние основных фондов, затраты на техническое обслуживание и ремонт, возрастная структура сооружений. Методика позволяет перейти от реактивного к проактивному управлению активами и способствует обмену лучшими практиками [8, 9].

Ее сильной стороной является фокус на реальном техническом состоянии инфраструктуры, что особенно актуально для портов с высоким уровнем износа. В то же время высокий порог входа (требуется унифицированная система учета и классификации активов) и ограниченное распространение за пределами Европы снижают универсальность подхода. В российских условиях отсутствуют единые отраслевые стандарты учета основных средств, методы амортизации и капитализации ремонтов существенно различаются, а данные об управлении активами остаются разрозненными между государственными администрациями портов, частными операторами и подрядчиками.

Метод анализа среды функционирования (Data Envelopment Analysis — DEA).

DEA — непараметрический метод, основанный на линейном программировании, который оценивает относительную эффективность однотипных объектов (в данном случае портов) как отношение взвешенной суммы их ресурсов (объектов физической инфраструктуры порта) к взвешенной сумме достигнутых за отчетный период результатов (грузооборот, грузопоток и т.д.). Метод широко применяется в исследованиях портовой эффективности, позволяя работать с множеством разнородных показателей (площадь терминала, длина причального фронта, количество кранов, грузооборот, финансовые результаты) и модифицироваться (например, в двухэтапных моделях) [10, 11].

К преимуществам относятся объективность и способность выявлять «лучшие практики». Однако результаты чувствительны к выбору переменных, наличию выбросов и составу сравниваемой выборки; классическая DEA не учитывает стохастическую природу данных. В России для корректного применения метода необходима выборка сопоставимых портов, что затруднено из-за сильной дифференциации по специализации (контейнеры, уголь, нефть, зерно) и масштабу. Дефицит публичных данных по операционным затратам, инвестициям и загрузке мощностей делает метод малоприменимым для общепортовых сравнений, хотя он может использоваться на уровне однотипных терминалов.

Многокритериальные модели принятия решений (MCDM): MABAC с байесовским подходом, DEMATEL–BBWM.

Гибридные MCDM-модели комбинируют экспертные оценки с математическими методами для построения индексов конкурентоспособности порта или оценки логистического потенциала. Байесовский подход в MABAC позволяет снижать субъективность при определении весов критериев и оценивать неопределенность. Методы учитывают широкий спектр факторов: географическое положение, безопасность, доступность бункерного топлива, время обработки, экологичность — и допускают сочетание количественных и качественных данных [12, 13].

Высокая вычислительная сложность, необходимость специализированного программного обеспечения и трудоемкость сбора данных ограничивают их применение. Результаты чувствительны к составу экспертной группы. В российских условиях отсутствие открытых баз данных по отдельным критериям (например, цена и доступность бункерного топлива) и необходимость значительной адаптации и калибровки весов под национальные реалии превращают применение этих моделей в отдельную научную задачу. Методологически они могут использоваться для сравнительного анализа портов одного бассейна при условии унификации исходных данных.

Имитационное и когнитивное моделирование (AnyLogic и аналогичные платформы).

Имитационные модели (дискретно-событийные, агентные) позволяют воспроизводить портовые процессы для анализа «узких мест», оценки пропускной способности при изменении грузопотоков или реализации инвестиционных сценариев. Они учитывают стохастический характер прибытия судов, отказов оборудования и движения транспорта, что делает их эффективным инструментом при проектировании «сухих портов» и тыловых терминалов [14–16].

Высокая стоимость и длительность разработки адекватной модели, потребность в качественных данных о распределениях случайных величин и быстрое устаревание при изменении технологических схем относятся к основным ограничениям. В России имитационное моделирование применяется в отдельных исследовательских проектах [17], однако отсутствуют отраслевые стандарты верификации моделей. Геополитическая неопределенность и волатильность грузопотоков снижают прогнозную ценность результатов, а публикация данных крупных операторов обычно ограничена.

Таблица 4

Сравнительная характеристика зарубежных методик оценки портовых мощностей

Методика/индекс	Основная цель и суть	Преимущества	Недостатки	Барьеры применения в РФ
CPPI (Всемирный банк)	Оценка операционной эффективности контейнерного порта по времени обработки судна	1. Объективность и прозрачность: основан на глобальных данных AIS, исключает манипуляции. 2. Эталон для сравнения: позволяет портам мира оценить свою эффективность относительно лучших практик. 3. Стимулирует улучшения: показывает конкретные зоны для роста	1. Узкая специализация: применим только к контейнерным терминалам и игнорирует другие грузы и качество услуг. 2. Уязвимость данных: Зависит от качества AIS-данных и их интерпретации; возможны искажения для малых портов. 3. Не учитывает контекст: игнорирует местные особенности (логистика, погода, трудовые отношения)	1. Доминирование неконтейнерных грузов: основа экономики портов РФ — сырье (наливные, насыпные), а не контейнеры. 2. Проблемы с данными AIS: для внутренних водных путей данные могут быть неполными. 3. Износ инфраструктуры: устаревшее оборудование напрямую влияет на время обработки, ставя российские порты в заведомо невыгодное положение
PISI (ЮНКТАД/КМИ)	Оценка достаточности портовой инфраструктуры по трем измерениям: пунктуальность, безопасность и цифровизация	1. Комплексный подход: охватывает не только эффективность, но и качество инфраструктуры. 2. Универсальный шаблон: предлагает общую рамку оценки, которую можно адаптировать под нужды конкретной страны. 3. Политический инструмент: помогает государству выявлять и закрывать пробелы в портовой политике	1. Субъективность части данных: оценка безопасности и цифровизации строится на опросных данных, что несет высокий риск субъективизма. 2. Трудоемкость применения: требует регулярного сбора и верификации большого массива данных	1. Закрытость данных: информация об инцидентах на режимных объектах портовой инфраструктуры является конфиденциальной. 2. Неоднородность цифровизации: разрыв между лидерами в цифровизации (например, порт СПб) и портами с отсталой IT-инфраструктурой огромен. 3. Отсутствие независимого аудитора: проведение и верификация опросов независимой организацией в РФ затруднена
PORTS Platform (Европа)	Бенчмаркинг технического состояния и управления активами порта (причалы, дороги)	1. Ориентация на физические активы: оценивает состояние ОПФ, затраты на ТОиР, что критично для стареющей инфраструктуры. 2. Улучшает управление: помогает перейти к проактивным стратегиям и оптимизировать затраты. 3. Обмен опытом: позволяет портам учиться на лучших практиках друг друга	1. Высокий порог входа: требует стандартизации данных по ОПФ, что на практике встречается нечасто	1. Отсутствие единых стандартов учета: различия в методах амортизации и капитализации ремонтов делают сравнение затрат крайне сложным. 2. Неконсолидированные данные: информация об управлении активами разрознена между подразделениями и операторами
DEA (Научная среда)	Относительная эффективность портов без навязывания эталонных стандартов	1. Объективность: не требует субъективных весовых коэффициентов при оценке. 2. Работа с разнородными данными: может учитывать множество входов и выходов портовой деятельности. 3. Гибкость: легко модифицируется под конкретные задачи	1. Чувствителен к выбору переменных: некорректный выбор входных/выходных параметров искажает результат. 2. Не учитывает погрешности данных: классическая DEA чувствительна к выбросам и ошибкам в выборке. 3. Сложность интерпретации: может дать «технически эффективный», но не самый практичный результат	1. Неоднородность портов: для корректного DEA-анализа в выборке должны быть сопоставимые единицы. В России порты слишком разные (специализация, грузооборот). 2. Дефицит качественных данных: затрудняет построение адекватной модели и может приводить к искажениям

Табл. 1 — продолжение

Методика/индекс	Основная цель и суть	Преимущества	Недостатки	Барьеры применения в РФ
PCI (MABAC/Bayes) (Научная среда)	Комплексный индекс конкурентоспособности порта	1. Глубокая многокритериальность: выходит за рамки грузооборота, включая географию, безопасность и топливо. 2. Гибридный подход: снижает субъективность через комбинацию объективных и субъективных методов оценки	1. Сложность расчетов: требует высокой математической и IT-квалификации. 2. Трудоемкий сбор данных	1. Отсутствие банка данных по бункерному топливу. Сама методология (MABAC/Bayes) может быть применима, но потребует глубокой адаптации и разработки собственных весовых коэффициентов, что является отдельной научной задачей
Имитационное и когнитивное моделирование (Научная среда)	Анализ «что, если» для оценки слабых мест и пропускной способности	1. Сценарное планирование и прогнозирование: незаменим для оценки последствий стресс-тестов или изменений грузопотока. 2. Цифровые двойники: позволяет экспериментировать без риска для реального порта	1. Огромная трудоемкость: создание и верификация модели — сложный и дорогостоящий процесс. 2. Высокие требования к вычислительным ресурсам	1. Неопределенность внешних факторов: санкции и геополитика вносят фактор, который практически невозможно корректно заложить в модель. 2. Фрагментарная нормативная база: отсутствие общепринятых стандартов для BIM и других форм информационного моделирования в портовом хозяйстве

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Портовая инфраструктура России находится на этапе, когда старые подходы к управлению и оценке эффективности уже не работают, а новые еще не сформированы в полной мере. Системные проблемы — физический износ основных фондов, ограниченность технологических возможностей, инвестиционные риски, санкционные ограничения — требуют не точечных, а комплексных решений. Зарубежные методики оценки портовой инфраструктуры предлагают богатый инструментарий: от простых индексов на основе AIS до сложных многокритериальных и имитационных моделей. Их прямое копирование в российскую практику затруднено из-за разной структуры грузопотоков, закрытости данных, отсутствия отраслевых стандартов и геополитических ограничений.

Представленные в статье методические подходы демонстрируют вектор движения в направлении совершенствования инструментария оценки. Следует отметить, что отдельные элементы зарубежных методик могут быть адаптированы:

- CPPI-подход — для внутренних задач контейнерных терминалов (без публичного рейтингования);
- PISI — как основа для разработки национального индекса достаточности портов с заменой опросных показателей на официальные статистические индикаторы;
- PORTS Benchmark — как импульс для внедрения системы управления активами в государственных портовых компаниях;
- DEA и MCDM — в научных и предпроектных исследованиях для обоснования инвестиционных решений;
- имитационное моделирование — для обоснования пропускной способности при проектировании и реконструкции терминалов (частично уже делаются попытки адаптации).

Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на:

- создание единой системы мониторинга состояния портовой инфраструктуры на основе современных информационных технологий;
- разработку отраслевых стандартов оценки эффективности инвестиционных проектов с учетом специфики портового хозяйства;
- формирование методической базы для оценки макроэкономических эффектов от развития портовой инфраструктуры;
- интеграцию российских методических подходов в международную практику оценки портовой деятельности.

Кроме этого, интересным направлением представляется создание гибридной российской методики оценки потенциала портовой инфраструктуры, учитывающей как лучшие международные практики, так и национальную специфику.

Комплексное решение методических проблем позволит преодолеть разрыв между декларируемыми амбициями России в сфере развития портовой инфраструктуры и реальными возможностями их достижения, особенно в условиях санкционных ограничений и необходимости технологического суверенитета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чеботарев В.С. Обоснование системы показателей оценки транспортно-логистического потенциала водного транспорта региона / В.С. Чеботарев, О.Л. Морозов, Д.В. Назарычев // *Управленческие науки*. — 2025. — Т. 15, № 2. — С. 167–176. — DOI 10.26794/2304-022X-2025-15-2-167-176.
2. Логутова Т.Г. Формирование критериев оценки инфраструктурных проектов развития морских портов / Т.Г. Логутова, А.Г. Демьянченко // *Бизнес Информ*. — 2014. — № 1. — С. 143–148.
3. Мартынов Д.В. Анализ эффективности морских портов Дальневосточного бассейна на основе стейкхолдерского подхода / Д.В. Мартынов, Л.С. Мазелис // *Национальная безопасность / nota bene*. — 2025. — № 1. — С. 20–43.
4. Сабайдаш М.В. Развитие методических принципов оценки экономической эффективности инвестиционных проектов создания и развития морских портов и терминалов / М.В. Сабайдаш // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*. — 2019. — № 3. — С. 125–132.
5. Рахмангулов А.Н. Развитие морской портовой инфраструктуры региона на основе «сухих портов» / А.Н. Рахмангулов, Д.С. Муравьев // *Экономика региона*. — 2016. — Т. 12, вып. 3. — С. 924–936.
6. Ashley G. Container port performance assessment: a nonnegative matrix factorization approach / G. Ashley, D. Guillot, A. Lane, R.M. Humphreys, T. Mooney // *Maritime Economics & Logistics*. — 2023. — Vol. 25, No. 4. — P. 639–666.
7. Chen L. Container port performance measurement and comparison leveraging ship GPS traces and maritime open data / L. Chen, D. Zhang, X. Ma, L. Wang et al. // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. — 2015. — Vol. 17, No. 5. — P. 1227–1242.
8. Gonzalez M. Port productivity: benchmarking analysis of strategic ports / M. Gonzalez, G. Quesada // *International Journal of Productivity and Performance Management*. — 2024. — Vol. 73, No. 2. — P. 456–475. — DOI 10.1108/IJPPM-09-2022-0453.
9. Puig M. Benchmark dynamics in the environmental performance of ports / M. Puig, A. Michail, Ch. Wooldridge, R.M. Darbra // *Marine Pollution Bulletin*. — 2017. — Vol. 121, No. 1–2. — P. 111–119.
10. Zulfakhar Zubir M. Approach in inputs & outputs selection of Data Envelopment Analysis (DEA) efficiency measurement in hospitals: A systematic review / M. Zulfakhar Zubir, A. Azimatun Noor, A.M. Mohd Rizal, A. Aziz Harith et al. // *PLoS one*. — 2024. — Vol. 19, No. 8. — P. e0293694.
11. Krmac E. A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) methodology in port efficiency evaluation / E. Krmac, M. Mansouri Kaleibar // *Maritime Economics & Logistics*. — 2023. — Vol. 25, No. 4. — P. 817–881.
12. Kumar R. A comprehensive review of MCDM methods, applications, and emerging trends / R. Kumar // *Decision Making Advances*. — 2025. — Vol. 3, No. 1. — P. 185–199.
13. Sahoo S.K. A comprehensive review of multiple criteria decision-making (MCDM) methods: advancements, applications, and future directions / S.K. Sahoo, S.S. Goswami // *Decision Making Advances*. — 2023. — Vol. 1, No. 1. — P. 25–48.
14. Мазуренко О.И. Дискретно-событийное имитационное моделирование склада морского угольного терминала в среде AnyLogic / О.И. Мазуренко, И.А. Русинов // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. — 2022. — Т. 14, № 2. — С. 181–198. — DOI 10.21821/2309-5180-2022-14-2-181-198.
15. Шевченко А.М. Обзор возможностей имитационного моделирования для оптимизации работы морского порта в среде AnyLogic / А.М. Шевченко, А.А. Дыда // *Computational Nanotechnology*. — 2024. — Т. 11, № 1. — С. 127–134.
16. Галин А.В. Оптимизация автомобильного грузового фронта нефтеналивного терминала методом дискретно-событийного моделирования / Галин А.В., Хватов Г.М. // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. — 2025. — Т. 17, № 5. — С. 672–681.
17. Topaj A. Operational planning and combinatorial optimization in simulation models of marine transportation systems / A. Topaj, O. Tarovik // *25th International Conference on Harbor, Maritime and Multimodal Logistics Modeling and Simulation*. — 2023. — DOI 10.46354/i3m.2023.hms.005.

REFERENCES

1. Chebotarev V.S., Morozov O.L., Nazarychev D.V. Substantiation of an indicator system for assessing the transport and logistics potential of regional water transport. *Management Sciences*. 2025. Vol. 15, No. 2. P. 167–176. DOI 10.26794/2304-022X-2025-15-2-167-176. (In Russ.)
2. Logutova T.H., Demyanchenko A.H. Formation of criteria of assessment of infrastructure projects of sea ports development. *Business Inform*. 2014. No. 1. P. 143–148. (In Ukr.)
3. Martynov D.V., Mazelis L.S. Analiz effektivnosti morskikh portov Dal'nevostochnogo basseina na osnove steikholderskogo podkhoda [Analysis of the efficiency of seaports in the Far East basin based on the stakeholder approach]. *Natsional'naya bezopasnost' / nota bene* [National Security / nota bene]. 2025. No. 1. P. 20–43.
4. Sabaydash M.V. Formation of methodological principles for assessing economic efficiency of investment projects for creation and development of seaports and terminals. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. 2019. No. 3. P. 125–132. (In Russ.)

5. Rakhmangulov A.N., Muravyov D.S. The development of the regional sea port infrastructure on the basis of dry port. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*. 2016. Vol. 12, Issue 3. P. 924–936. (In Russ.)
6. Ashley G., Guillot D., Lane A., Humphreys R.M., Mooney T. Container port performance assessment: a nonnegative matrix factorization approach. *Maritime Economics & Logistics*. 2023. Vol. 25, No. 4. P. 639–666.
7. Chen L., Zhang D., Ma X., Wang L. et al. Container port performance measurement and comparison leveraging ship GPS traces and maritime open data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2015. Vol. 17, No. 5. P. 1227–1242.
8. Gonzalez M., Quesada G. Port productivity: benchmarking analysis of strategic ports. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2024. Vol. 73, No. 2. P. 456–475. DOI 10.1108/IJPPM-09-2022-0453.
9. Puig M., Michail A., Wooldridge Ch., Darbra R.M. Benchmark dynamics in the environmental performance of ports. *Marine Pollution Bulletin*. 2017. Vol. 121, No. 1–2. P. 111–119.
10. Zulfakhar Zubir M., Azimatun Noor A., Mohd Rizal A.M., Aziz Harith A. et al. Approach in inputs & outputs selection of Data Envelopment Analysis (DEA) efficiency measurement in hospitals: A systematic review. *PLoS one*. 2024. Vol. 19, No. 8. P. e0293694.
11. Krmac E., Mansouri Kaleibar M. A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) methodology in port efficiency evaluation. *Maritime Economics & Logistics*. 2023. Vol. 25, No. 4. P. 817–881.
12. Kumar R. A comprehensive review of MCDM methods, applications, and emerging trends. *Decision Making Advances*. 2025. Vol. 3, No. 1. P. 185–199.
13. Sahoo S.K., Goswami S.S. A comprehensive review of multiple criteria decision-making (MCDM) methods: advancements, applications, and future directions. *Decision Making Advances*. 2023. Vol. 1, No. 1. P. 25–48.
14. Mazurenko O.I., Rusinov I.A. Discrete-event simulation modelling of sea coal terminal warehouse using Anylogic. *Vestnik Gosudarstvennogo Universiteta Morskogo i Rechnogo Flota Imeni Admirala S.O. Makarova*. 2022. Vol. 14, No. 2. P. 181–198. DOI 10.21821/2309-5180-2022-14-2-181-198. (In Russ.)
15. Shevchenko A.M., Dyda A.A. An overview of the simulation capabilities for optimizing the operation of the seaport in the AnyLogic environment. *Computational Nanotechnology*. 2024. Vol. 11, No. 1. P. 127–134. (In Russ.)
16. Galin A.V., Khvatov G.M. Optimization of the truck discharge zone of an oil terminal using discrete-event simulation. *Vestnik Gosudarstvennogo Universiteta Morskogo i Rechnogo Flota Imeni Admirala S.O. Makarova*. 2025. Vol. 17, No. 5. P. 672–681. (In Russ.)
17. Topaj A., Tarovik O. Operational planning and combinatorial optimization in simulation models of marine transportation systems. *25th International Conference on Harbor, Maritime and Multimodal Logistics Modeling and Simulation*. 2023. DOI 10.46354/i3m.2023.hms.005.

Статья поступила в редакцию 30.04.2026.

Принята к публикации 31.05.2026.