

DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-5-701-712

RESEARCH OF THE SEA PASSENGER PORT INFRASTRUCTURE MODERNIZATION TO SOLVE THE PROBLEM OF FORECASTING DEVELOPMENT, TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT

N. N. Maiorov, A. A. Dobrovolskaia

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,
St. Petersburg, Russian Federation

The efficiency of operation and interaction of “sea ferry/cruise company-sea passenger port-land transport infrastructure” systems directly depends on the dynamic influence of the external environment, which today determines the transition from deterministic models of decision-making to probabilistic ones. These changes on the basis of current trends in the industry in the form of the introduction of large cruise and ferry ships create the need to form a decision-making system for the reasonable modernization of infrastructure for the heads of ports and terminals. It is necessary to systematically modernize both the berthing infrastructure and change the internal processes of passenger handling in the terminal. The problems of forecasting the development of seaports in connection with the gradual recovery of passenger traffic, caused by a long period of restrictions due to COVID-19, are considered in the paper, as the first priority is the resumption of the route networks of the sea regions, which provide local passengers mobility. Based on the investigated models of ports and terminals evolution (Anyport model, Three Generations model, Workport model) it is revealed that today it is necessary to evaluate possible predictive scenarios of port development. The necessity of having the tools allowing to operatively analyze the situation in the sphere of sea ferry transportation and to model the scenarios of port congestion has been revealed and proved. The approach to estimate the variants of berths loading at simultaneous call of several big cruise vessels on the basis of models of mass service systems for subsequent estimation of infrastructure is considered in the paper. The object of the research is the Baltic Sea region and existing routes of cruise and ferry lines. A new theoretical partitioning of the region and sea passenger ports into four sections is proposed. The systematic analysis of all existing cruise and ferry line routes in each area has been carried out; data on cruise and ferry ship size, passenger capacity, average ticket price, and distance between terminals on the route have been presented. On the basis of the formed approach a new digital dynamic route map that allows both to investigate the current state of the route network and to estimate the possible changes is built. On the basis of the received data it is proved that the best development of passenger sea ports and terminals infrastructure is observed in the segment between the countries of Russia-Estonia-Finland-Sweden. Presented sea terminals have successfully realized the possibility of simultaneous reception of two big cruise vessels and modernized infrastructure during the period of restrictions on the reason of COVID-19, which corresponds to the formation of new points of growth in the Baltic Sea region, taking into account recovery of route networks. The generated big data on route networks accurately define the current state in the sphere of sea ferry/cruise transportation and they should be used in new digital simulation transport models when modeling different variants of sea passenger port operation, both at the stage of short-term planning and when solving the group of questions of development forecasting, which is especially relevant in the situation of competition between terminals for passenger traffic.

Keywords: ferry network, sea passenger port, Baltic Sea, ferry line intensity, development forecasting, stochastic models, decision making under uncertainty, infrastructure modernization.

For citation:

Maiorov, Nikolai N., and Angelina A. Dobrovolskaia. “Research of the sea passenger port infrastructure modernization to solve the problem of forecasting development, taking into account the influence of the external environment.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.5 (2022): 701–712. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-5-701-712.

УДК 65.012.1, 656.072

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ОБОСНОВАНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ МОРСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ПОРТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЕГО РАЗВИТИЯ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Н. Н. Майоров, А. А. Добровольская

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Темой настоящего исследования является проверка эффективности работы и взаимодействия систем «морская паромная / круизная компания – морской пассажирский порт – наземная транспортная инфраструктура», которая напрямую зависит от динамического влияния внешней среды, определяющей переход от детерминированных моделей принятия решений к вероятностным. Отмечается, что данные изменения, происходящие на основе современных трендов отрасли в виде ввода в эксплуатацию больших круизных и паромных судов, создают необходимость формирования системы принятия решений по обоснованной модернизации инфраструктуры для руководителей портов и терминалов. В этой связи предлагается системно модернизировать причальную инфраструктуру и изменять внутренние процессы по обработке пассажиров в терминале. В статье рассмотрены вопросы прогнозирования развития морских портов в связи с имеющим место постепенным восстановлением пассажиропотока, вызванного длительным периодом ограничений ввиду COVID-19, так как в первую очередь возобновляются маршрутные сети регионов морей, обеспечивающих локальную мобильность пассажиров. На основе исследованных моделей эволюции портов и терминалов (модель *Apuport*, модель «трех поколений», модель *Workport*) выявлено, что в настоящее время необходимо оценить возможные прогнозные сценарии развития порта. Выявлена и доказана необходимость наличия инструментов, позволяющих оперативно анализировать ситуацию в сфере морских паромных перевозок и моделировать сценарии загруженности порта. В статье рассмотрен подход к оценке вариантов загруженности причалов при одновременном заходе нескольких больших круизных судов на основе моделей систем массового обслуживания для последующей оценки инфраструктуры. Объектом исследования выбран регион Балтийского моря и существующие маршруты круизных и паромных линий. Предложено новое теоретическое деление региона и морских пассажирских портов на четыре участка. Выполнен системный анализ всех имеющихся маршрутов круизных и паромных линий на каждом участке, представлены данные по размерам круизных и паромных судов, пассажироместимости, средней стоимости билета, расстояниям между терминалами на маршруте. На основе сформированного подхода построена новая цифровая динамическая карта маршрутов, позволяющая как исследовать текущее состояние маршрутной сети, так и оценивать возможные изменения. На основе полученных данных обосновано, что наибольшее развитие инфраструктуры морских пассажирских портов и терминалов наблюдается в сегменте между странами Россия – Эстония – Финляндия – Швеция. Представленные морские терминалы успешно позволили реализовать возможность одновременного приема двух больших круизных судов и модернизировать инфраструктуру за время ограничений ввиду COVID-19, что соответствует формированию новых точек роста в регионе Балтийского моря с учетом восстановления маршрутных сетей. Сформированные данные по маршрутным сетям, точно определяющие текущее состояние в сфере морских паромных / круизных перевозок, необходимо использовать в новых цифровых имитационных транспортных моделях при моделировании различных вариантов работы морского пассажирского порта как на этапе краткосрочного планирования, так и при решении группы вопросов прогнозирования развития, что особенно актуально в ситуации конкуренции между терминалами за пассажиропоток.

Ключевые слова: паромная сеть, морской пассажирский порт, Балтийское море, интенсивность паромных линий, прогнозирование развития, стохастические модели, принятие решений, условие неопределенности, модернизация инфраструктуры.

Для цитирования:

Майоров Н. Н. Исследование вариантов обоснования модернизации инфраструктуры морского пассажирского порта для решения задачи прогнозирования его развития с учетом влияния внешней среды / Н. Н. Майоров, А. А. Добровольская // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 5. — С. 701–712. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-5-701-712.

Введение (Introduction)

Актуальность проблемы исследования обусловлена изменениями в сфере морских паромных и круизных линий, вызванными сохраняющимися тенденциями строительства больших круизных и паромных судов и имеющими место в связи с ограниченностью инфраструктуры морских пассажирских портов и терминалов. В настоящее время наблюдается возрастание роли морских пассажирских портов в глобальных транспортно-экономических системах. Несмотря на ограничения, вызванные Covid-19 в период 2019–2021 гг., можно отметить активное восстановление маршрутных сетей и стремление паромных и круизных компаний к достижению докризисного уровня по всем регионам морей.

В статье [1] представлен график динамики пассажирских перевозок круизными и паромными линиями в 2017–2021 гг. для Европы и региона Балтийского моря. На основе выполненного

анализа видно увеличение морских паромных перевозок до 2019 г., интервал спада и постепенное восстановление на отдельных направлениях начиная с середины 2021 г. В табл. 1, на основе данных источника [2], представлены данные по пассажиропотоку в странах Европы.

Таблица 1

**Перевозки пассажиров морскими круизными и паромными линиями
(Европейские страны)**

Годы	Данные по странам Евросоюза, шт.
2017	6 996 000
2018	7 285 100
2019	7 564 900
2020	1 935 300
2021	3 754 580

В табл. 2 представлены подробные аналитические данные (на основе источников [2]–[4]) по пассажиропотоку только для морских пассажирских терминалов Хельсинки на паромных и круизных линиях (Хельсинки — Таллин).

Таблица 2

Пассажиропоток круизных / паромных линий на направлении Хельсинки – Таллин

Год	2018	2019	2020	2021	2022
Пассажиропоток, шт.	8 846 000	8 925 000	4 097 000	161 745	220 013

На основе выполненного анализа [2], [3] по другим портам можно сделать вывод о том, что в течение первых двух месяцев 2022 г. пассажиропоток с портом Таллин составил 220 013 пассажиров, с портом Стокгольм — 26 000 пассажиров.

Необходимо отметить особенность региона Балтийского моря. Его уникальность с позиций круизных и паромных линий определяется тем, что в регионе размещено порядка 200 морских портов (около 52 специализированных пассажирских), которые связывают крупные транспортные и логистические центры. При этом, ввиду близости стран, туристы в течение одного круиза имеют возможность ознакомиться с историческим и культурным наследием стран Балтийского моря. Регион Балтийского моря логистически уникален тем, что локальная мобильность позволяет как оперативно создавать новые паромные маршруты, так и возобновлять маршруты по направлениям 2019 г. На основе анализа аналитических данных [2]–[4] по пассажиропотоку основных бассейнов можно утверждать, что под влиянием эпидемии COVID-19 глобальная мобильность круизов была приостановлена, в то время как локальная мобильность дает возможность ее возобновления в кратчайшие сроки.

В настоящее время отмечается наличие у пассажиров востребованности к региональным путешествиям с более короткими и простыми маршрутами, что способствует возможности возобновления рейса в кратчайшие сроки. При этом крупные круизные компании, видя приоритет регионов морей, выходят на рынок с собственными новыми предложениями. Ввиду данного обстоятельства инфраструктура морского пассажирского порта должна иметь возможность принимать большие круизные суда. Ввиду конкуренции за пассажиропоток между терминалами Балтийского моря задачей руководителей морских пассажирских портов является обоснование модернизации инфраструктуры, создание и ввод новых сервисов для пассажиров [5], [6]. Несмотря на наличие исторически существующих паромных и круизных маршрутов в регионе модернизация пассажирских портов и терминалов приводит к изменениям в регионе, созданию новых направлений, куда будут включены порты с надлежащей инфраструктурой для больших круизных судов, что создаст новые конкурентные преимущества.

В этой связи для разработки системы принятия решений по модернизации портовой инфраструктуры и оценки возможности приема сразу нескольких круизных (паромных) судов необходимо от детерминированных моделей переходить к вероятностным. Поскольку паромные перевозки

зависят от выбора пассажиров, от их интересов и предпочтений, необходимо рассматривать также экономические параметры перевозки и оценивать выбор на основе логистической функции [7], [8]. Ввиду конкуренции между терминалами за пассажиропоток лицам, принимающим решение, необходимо исследовать факторы формирования цены на билет тура в зависимости от размера паромного судна на определенном участке (линии) в Балтийском море. Тип парома будет определять инфраструктурные особенности портов и терминалов, характеристики производительности процедуры обработки пассажиропотоков. В данной статье выполнен анализ маршрутных сетей морских паромных и круизных линий в 2021–2022 гг., дана оценка влияния крупных морских судов на маршрутные сети Балтийского моря, проанализирована зависимость размера паромного судна и цены для пассажира для оценки приоритетности направлений пассажирами. Полученные результаты позволяют оценить инфраструктурные особенности портов, выделить участки, морские пассажирские порты и терминалы для формирования новых точек роста пассажиропотока в регионе Балтийского моря.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Активным элементом системы является пассажир с его личностными целевыми установками и интересами. Именно пассажир выбирает паромный маршрут с использованием специализированных информационными и логистических сервисов, выбирает уровень оказания услуг на борту. Одной из основных задач паромных компаний является привлечение пассажиропотока и сохранение тенденции выбора определенной компании из представленных на рынке. При этом необходимо отметить, что ввиду тенденции увеличения размеров круизных и паромных судов (рис. 1), изменились целевые установки пассажиров.

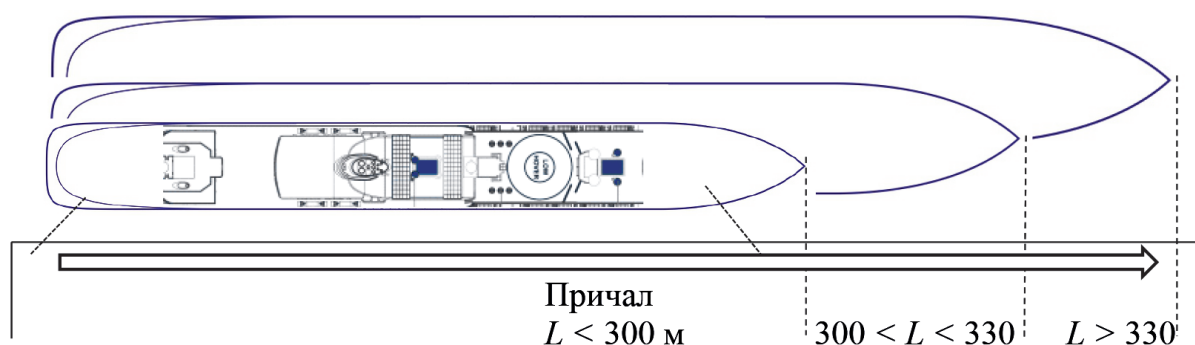


Рис. 1. Параметры для увеличения размеров круизных и паромных судов и причалов:
 L — длина круизного / паромного судна

С увеличением размера судна возрастает нагрузка на инфраструктуру порта. Регион Балтийского моря по направлениям круизных и паромных линий предлагается разделить на четыре участка (табл. 3).

Таблица 3

Разделение Балтийского моря на отдельные участки исследования

Выделение маршрутных линий	Зонирование Балтийского моря
	Участок 1: Россия, Эстония, Финляндия, Швеция
	Участок 2: Швеция, Литва, Латвия, Польша, Германия
	Участок 3: Швеция, Литва, Латвия, Польша, Германия
	Участок 4: Швеция, Дания, Германия

Рассмотрим основные характеристики и направления маршрутов:

1. Восточная Балтика — представляет маршруты из Швеции в Финляндию и Эстонию, линии из Эстонии в Финляндию и Россию.
2. Западная Балтика — включает линии между Данией и Швецией, Норвегией и Германией.
3. Южная Балтика / Центральная Балтика — включает направления между Швецией и Польшей, из Швеции в Латвию и Литву, маршруты между Германией и Литвой, Латвией и Финляндией, в Калининград.
4. Северная Балтика — представляет собой маршруты между Швецией и Финляндией.

Разделение на четыре участка носит теоретический характер. На практике маршруты частично пересекаются, и полностью изолировать друг от друга предлагаемые участки Балтийского моря невозможно. В противном случае такие маршруты не будут включены в выборку.

Предлагаемый подход позволяет решать задачу прогнозирования, развития и определения новых точек роста круизной индустрии в регионе. На основе выполненного в работе [6] анализа выделены области, в которых прогнозируется повышенная интенсивность движения паромных судов по отношению к общей маршрутной паромной сети, однако предложенное в данной работе решение базируется только на общей оценке интенсивности работы паромных линий. В настоящее время в регионе Балтийского моря работают такие операторы, как Finnlines, Viking Line, Tallink Silja, Eckerö Line, Stena Line, DFDS, TT-Line, Wasaline, Unity Line, Polferries, Bornholmnslinjen, Eckerölinjen, Destination Gotland, Scandlines, Żegluga Gdańska, Kihnu Veeteed, Tuule Liinid, Saimaa Travel, St. Peter Line. Для привлечения пассажиров операторы обновляют паромные и круизные суда. В табл. 4 приведены круизные лайнеры, требующие для своей обработки в порту модернизации портовой инфраструктуры.

Таблица 4

Характеристики круизных судов

№ п/п.	Название	Характеристика судов (количество кают и вместимость)	Длина судна, м
1	Symphony of the Seas	2 775 кают, количество пассажирских палуб 15, 6 780 пассажиров	361
2	Harmony of the Seas	2 747 кают, количество пассажирских палуб 15, 6 780 пассажиров	362
3	Allure of the Seas	2 706 кают, количество пассажирских палуб 15, 6 296 пассажиров	360
4	Oasis of the Seas	2 706 кают, количество пассажирских палуб 15, 6 360 пассажиров	360
5	AIDAnova	2 500 кают, количество пассажирских палуб 20, 6 600 пассажиров	337

Следует отметить, что в настоящее время имеет место возрастающее противоречие, при котором морской пассажирский порт как точка роста региона должен модернизировать инфраструктуру для швартовки больших лайнеров, выполнять последующую модернизацию своей внутренней инфраструктуры и имеющей место системы принятия решений на основе детерминированных моделей. Руководителям портов необходимо аргументированно обосновать модернизацию существующих причалов или необходимость создания новых специализированных. Кроме того, необходимо определить, какое количество специализированных причалов экономически целесообразно модернизировать для возможности одновременной швартовки нескольких больших лайнеров. На основе такого подхода модель принятия решения по модернизации инфраструктуры морского пассажирского порта может быть выполнена с использованием теории систем массового обслуживания [9]–[11] на основе использования многоканальных систем массового обслуживания [12], [13] (рис. 2).

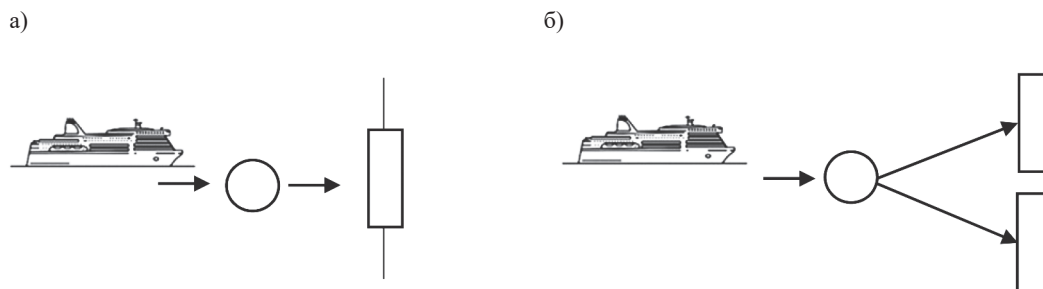


Рис. 2. Модель принятия решения по определению причалов на основе систем массового обслуживания:
а — одноканальная однофазная система; б — двухканальная однофазная система

Условные обозначения:

- — круизное / паромное судно;
- — причал для больших лайнеров;
- — направление выбора специализированного причала

В настоящее время в регионе Балтийского моря имеет место ограниченное количество портов и терминалов, которые за период COVID-19 выполнили модернизацию инфраструктуры для больших судов. Для проведения исследования было выполнено построение маршрутной сети на основе реальных расписаний работы паромных и круизных линий и определены размеры судов, выполняющих рейсы.

Для построения маршрутной сети предлагается использование свойств сетевой многослойной геоинформационной модели. Выбранная программная среда [14] позволяет ввести следующие слои: регион Балтийского моря, множество морских пассажирских портов, система маршрутов между портами и терминалами.

Результаты исследования (Results of the Research)

Для построения маршрутной сети с учетом возможности динамичного внесения изменений в маршруты паромных линий были использованы средства сервиса «Yandex. Карты». Оконная форма специализированный карты морских паромных и круизных линий приведена на рис. 3 [14].

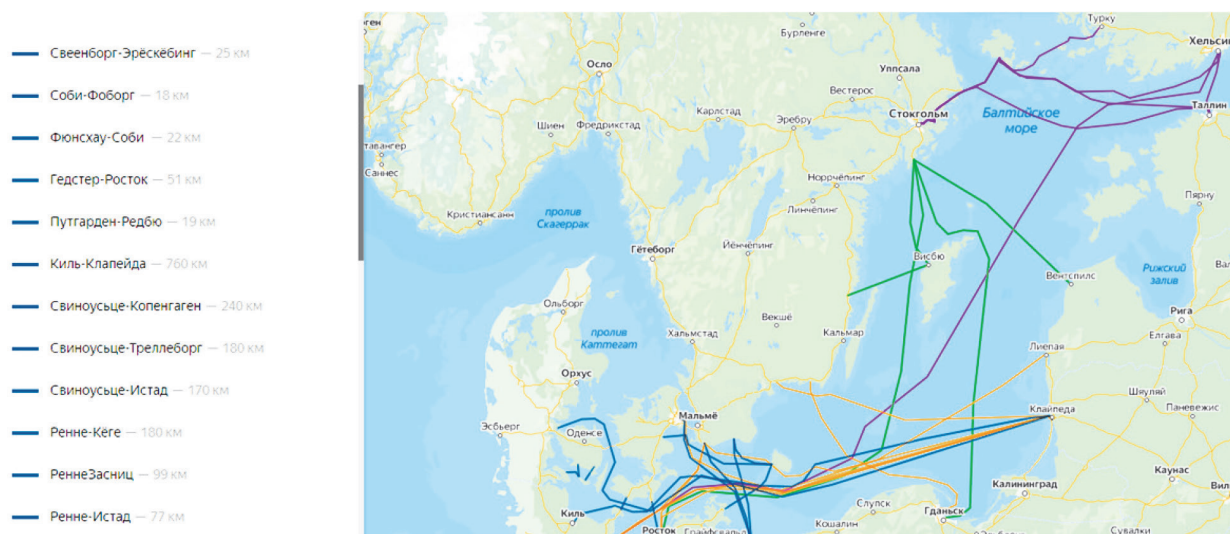


Рис. 3. Построенная специализированная карта выделенных паромных / круизных маршрутов Балтийского моря в программной среде

Для выполнения исследования на участках определялись размеры круизных и паромных судов, рассчитывалась средняя стоимость билета на пассажира. В выборке представлены дан-

ные по выбранным маршрутам, которые пользуются большей популярностью на дату 01.08.2022. В табл. 5 приведены результаты анализа по участку 1 (Эстония, Финляндия, Швеция, Россия).

Таблица 5

Анализ участков Балтийского моря

Участок Хельсинки – Таллин			Участок Хельсинки – Стокгольм		
Судно	Пассажировместимость	Длина судна, м	Судно	Пассажировместимость	Длина судна, м
Silja Europa	3 013	201,78	Gabriella	2 400	169,4
Star	1 900	186	Amorella	2 420	169
Megastar	2 800	212	Silja Symphony	2 626	203
Viking XPRS	2 500	185	Silja Serenade	2 852	203,03
Gabriella	2 400	169,4	Участок Стокгольм – Аландские острова		
Amorella	2 420	169	Baltic Queen	2 800	212
MS Finlandia	2 080	175	Silja Symphony	2 626	203
Участок Таллин – Аландские острова			Baltic Princess	2 800	212,1
Baltic Queen	2 800	212	Silja Serenade	2 852	203,03

На данном участке определены средние показатели, приведенные в табл. 6.

Таблица 6

Показатели морских паромных/круизных линий на участке 1

Средняя пассажировместимость, пас.	Максимальная пассажировместимость, пас.	Средняя длина судна, м	Максимальная длина судна, м	Средняя стоимость билета на одного взрослого пассажира на участке, евро
2343	3013	201	223	105,3

Аналогичным образом были сформированы данные по другим выбранным для рассмотрения участкам Балтийского моря. На основе анализа участков 2–4 были получены результаты, которые приведены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты исследования на участках 2–4 Балтийского моря

Участок 2				
Средняя пассажировместимость, пас.	Максимальная пассажировместимость, пас.	Средняя длина судна, м	Максимальная длина судна, м	Средняя стоимость билета на одного взрослого пассажира на участке, евро
1291	1650	189,83	222	46,2
Участок 3				
Средняя пассажировместимость, пас.	Максимальная пассажировместимость, пас.	Средняя длина судна, м	Максимальная длина судна, м	Средняя стоимость билета на одного взрослого пассажира на участке, евро
999	1700	187,4	230	46,6
Участок 4				
Средняя пассажировместимость, пас.	Максимальная пассажировместимость, пас.	Средняя длина судна, м	Максимальная длина судна, м	Средняя стоимость билета на одного взрослого пассажира на участке, евро
722,5	1400	148,045	199,4	33,6

На основе аналитических результатов получена зависимость длины круизного/ паромного судна от пассажироместимости в зависимости от участков Балтийского моря (рис. 4).

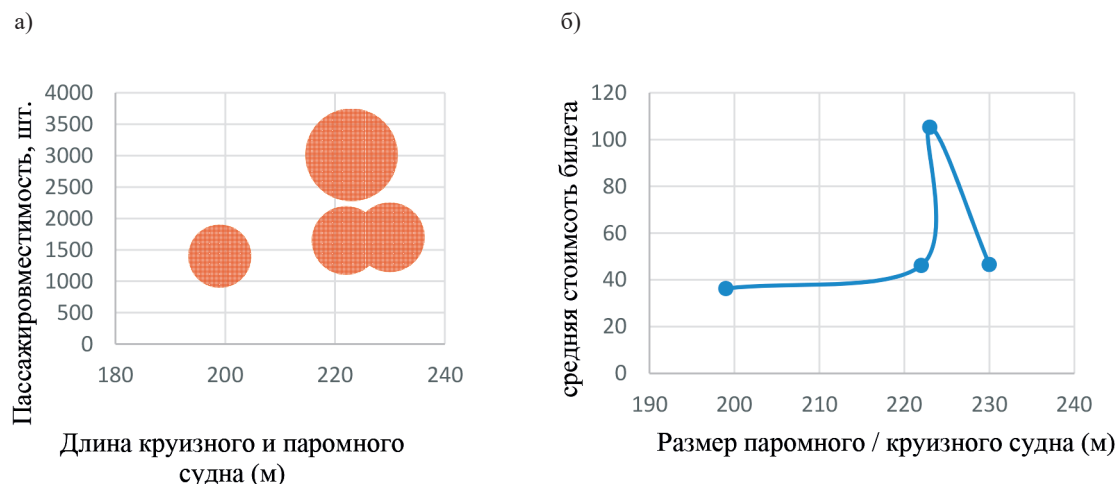


Рис. 4. Анализ пассажироместимости от длины круизного / паромного судна на выбранных участках Балтийского моря:

- а — график зависимости пассажироместимости от длины круизного судна;
б — зависимость стоимости за билет на паром от размера круизного/паромного судна

При выполнении исследования была сформирована выборка по существующим маршрутным направлениям морских паромных и круизных линий.

Обсуждение (Discussion)

Известно, что без надлежащего исследования и анализа невозможно эффективно управлять, проектировать и прогнозировать развитием морских портов. В попытках составить описание закономерностей развития портов был создан ряд статических моделей развития портов. Однако данные модели выявляют закономерности развития (модель «Anyport», модель «трех поколений», модель Workport), в то время как сегодня от лиц, принимающих решение, требуется выработка стратегических решений в условиях неопределенности [15], влияющие на позицию порта в ближайшем будущем. Вопросам модернизации инфраструктуры уделяется значительное внимание [16]–[18], однако представленные модели и методы сформированы на основе решения задачи выбора приоритетов либо прогнозирования на основе статистических данных без учета влияния внешней среды.

В предлагаемом исследовании рассмотрен подход к анализу системы «морской перевозчик — морской пассажирский порт / терминал — околотерминальное транспортное пространство» с позиций оценки возможности модернизации портовой инфраструктуры в связи с современным трендом увеличения размеров круизных / паромных судов. Несмотря на то, что расписание судозаходов известно в начале навигации, руководителям портов и терминалов необходимо решать задачу прогнозирования их развития, рассматривая вопросы модернизации инфраструктуры. Для региона Балтийского моря существует конкуренция за пассажиропоток между терминалами.

С системной точки зрения любой морской пассажирский порт в регионе Балтийского моря является точкой его роста и развития. Наличие возможности обработки и обслуживания больших круизных лайнеров является стимулом развития как самого порта, так и наземной транспортной инфраструктуры. Любая портовая модернизация требует глубокой многокритериальной проработки, в том числе с учетом анализа тренда на включение порта в новые маршрутные сети. На практике необходимо не только исследовать загрузку инфраструктуры порта на основе моделирования, но и включать в модели параметры, связанные с влиянием внешней среды. Например, одним

из актуальных вопросов является следующий: какие изменения в инфраструктуре и в процессах обслуживания необходимо сделать, чтобы в морской пассажирском порту смогли одновременно быть два крупных круизных лайнера одновременно.

Модернизация портовой инфраструктуры оказывает влияние на положение порта относительно других пассажирских терминалов. Представленная и разработанная динамическая карта маршрутов с разделением на четыре участка позволяет оперативно отслеживать происходящие изменения в системе маршрутов и вносить новые. Разделение на отдельные сегменты дает возможность выделить отдельные морские пассажирские порты и терминалы, которые позволят в первую очередь модернизировать инфраструктуру, тем самым становясь новыми точками роста индустрии в регионе.

Выполненный анализ на основе имеющихся данных по маршрутным направлениям, сформировал набор данных DataSet, который необходимо использовать для исследования инфраструктуры, и применять в имитационных программных системах для прогнозной оценки загруженности в начале навигации.

Результаты (Results)

Представленный анализ позволяет сформировать данные для формирования системы принятия решения по прогнозированию развития отдельного морского пассажирского порта и определить основные изменения в сфере морских паромных перевозок всего региона Балтийского моря. Полученные результаты основаны на детальном исследовании имеющихся маршрутных паромных сетей и анализе современных трендов и вызовов отрасли. При проведении исследований учитывались следующие параметры:

1. Основные маршрутные направления морских круизных / паромных линий.
2. Интенсивность работы морских паромных линий в регионе Балтийского моря.
3. Оценка размеров и пассажироместимости морских паромных судов для последующей оценки портовой загруженности.
4. Оценка стоимости билета на паром для одного пассажира (включая отдельно стоимость с учетом перевозки собственного транспортного средства) для определения приоритетных направлений.

Для анализа маршрутных направлений была разработана специализированная динамическая многослойная геоинформационная карта, позволяющая исследовать изменения в маршрутных сетях. Разработанная карта также может быть использована для верификации выбранной стратегии развития морского пассажирского порта и принятия решения по последующей модернизации инфраструктуры.

Предложенное в статье деление региона Балтийского моря на четыре участка оправданно, так как оно позволило выделить участок, на котором на данный момент подготовлена или находится в стадии активной модернизации портовая инфраструктура в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к размерам и маршрутам крупных круизных лайнеров. На данный момент этот участок объединяет морские пассажирские порты на маршрутах Россия – Эстония – Финляндия – Швеция.

Представленные данные в совокупности с цифровой маршрутной моделью необходимо использовать для формирования принятия решения по модернизации инфраструктуры и прогнозированию развития морского пассажирского порта. Выполненный анализ, ввиду представления положения порта относительно других в регионе, позволяет повысить точность принятия решений.

Заключение (Conclusion)

На основе выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Выполнена аналитическая оценка интенсивностей морских круизных и паромных перевозок в регионе Балтийского моря и представлены данные по восстановлению пассажиропотока (данные на 01.08.2022).

2. Обоснована постепенная необходимость модернизации портовой инфраструктуры в зависимости от влияния современного тренда увеличения количества больших круизных и паромных судов.
3. Предложено теоретическое разделение Балтийского моря на четыре участка для детального исследования размеров паромных и круизных судов и определения терминалов, которые могут явиться новыми точками роста круизной индустрии на основе модернизации портовой инфраструктуры.
4. Обоснована необходимость в ходе решения задачи принятия решения по модернизации инфраструктуры, использования моделей в классе систем массового обслуживания и использования аналитических данных, формирующих тренды и основные направления развития.
5. Создана цифровая карта морских паромных маршрутов с учетом внесения возможности изменений в маршрутные сети и «привязки» к конкретным паромным судам, работающим на маршрутах как между портами одной страны, так и между странами.
6. Проанализированы данные по размерам круизных и паромных судов, пассажироместности, маршрутам движения между портами Балтийского моря и стоимости билета на одного пассажира.
7. На основе данных сформулирован вывод о том, что наибольшее развитие инфраструктуры морских пассажирских портов и терминалов наблюдается в сегменте между странами Россия – Эстония – Финляндия – Швеция, при этом ряд терминалов смогли успешно реализовать возможность одновременного приема двух больших круизных судов, что соответствует формированию новых точек роста в регионе Балтийского моря.
8. Сформированные данные по маршрутам работы паромных и круизных линий, а также интенсивностям судозаходов позволяют повысить точность принятия решений по модернизации инфраструктуры в зависимости от внешних факторов, к которым относятся стратегия изменения порта в регионе моря, изменения в маршрутных сетях паромных и круизных линий, а также изменения, вызванные влиянием внешней среды.
9. Сформированные данные необходимо использовать в цифровых имитационных транспортных моделях при моделировании различных вариантов работы морского пассажирского порта как на этапе краткосрочного планирования, так и при решении некоторых вопросов прогнозирования развития.
10. Результаты анализа необходимо использовать при исследовании операционной загруженности наземной инфраструктуры морского пассажирского порта и определять максимальные уровни загруженности применительно к конкретным морским терминалам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майоров Н. Н. Вероятностная модель прогнозирования прибытия круизных или паромных судов в морской порт для оценки инфраструктуры / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов, А. А. Добровольская // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 2. — С. 169–180. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-2-169-180.
2. Cruise Market Watch. Growth of the Ocean Cruise Line Industry [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cruisemarketwatch.com/growth/> (дата обращения: 01.07.2022).
3. Tallink routes [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.tallink.com/routes> (дата обращения: 01.07.2022).
4. Ferryscan [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ferryscan.com/info/megalist-of-baltic-sea-ferry-routes> (дата обращения: 01.07.2022).
5. Тумов А. В. Современные тенденции развития морских портов в мире и их влияние на портовую индустрию России / А. В. Титов, Д. Б. Ивашкович // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2016. — № 1. — С. 115–124.
6. Liu Y. Cruise tourism for sustainability: An exploration of value chain in Shenzhen Shekou port / Y. Liu, E. Dong, S. Li, X. Jie // Sustainability. — 2020. — Vol. 12. — Is. 7. — Pp. 3054. DOI: 10.3390/su12073054.
7. Ćorluka G. Cruise port passenger flow analysis: A cruise port governance perspective / G. Ćorluka, I. Peronja, D. Tubić // NAŠE MORE: znanstveni časopis za more i pomorstvo. — 2020. — Vol. 67. — Is. 3. — Pp. 181–191. DOI: 10.17818/NM/2020/3.1.

8. Krile S. Modernization of the Infrastructure of Marine Passenger Port Based on Synthesis of the Structure and Forecasting Development / S. Krile, N. Maiorov, V. Fetisov // *Sustainability*. — 2021. — Vol. 13. — Is. 7. — Pp. 3869. DOI: 10.3390/su13073869.

9. Krile S. The influence of external environment to the ferry lines and marine passenger terminals / S. Krile, N. Maiorov // *Transport Problems*. — 2020. — Vol. 15. — Pp. 203–214. DOI: 10.21307/TP-2020-060.

10. Шпилько С. П. Морские круизы: теория и практика / С. П. Шпилько, Н. В. Андропова, Р. В. Чударев. — М.: Советский спорт, 2012. — 147 с.

11. Воевудский Е. Н. Стохастические модели в проектировании и управлении деятельностью портов / Е. Н. Воевудский, М. Я. Постан. — М.: Транспорт, 1987. — 318 с.

12. Язвенко М. Р. Моделирование морского грузового порта как системы массового обслуживания в среде AnyLogic / М. Р. Язвенко, А. Г. Морозков // *Системный анализ и логистика*. — 2020. — № 4 (26). — С. 59–66. DOI: 10.31799/2007-5687-2020-4-59-66.

13. Chen M. J. Itinerary planning: Modeling cruise lines' length of stay in ports / M. J. Chen, P. Nijkamp // *International Journal of Hospitality Management*. — 2018. — Vol. 73. — Pp. 55–63. DOI: 10.1016/j.ijhm.2018.02.005.

14. Yandex. Конструктор карт [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://yandex.ru/maps/?ll=17.196026%2C55.327024&mode=usermaps&source=constructorLink&um=constructor> (дата обращения: 01.08.2022).

15. Бродецкий Г. Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности / Г. Л. Бродецкий. — М.: Academia, 2010. — 336 с.

16. Tsamboulas D. How to forecast cruise ship arrivals for a new port-of-call destination / D. Tsamboulas, P. Moraiti, G. Kouloupoulou // *Transportation Research Record*. — 2013. — Vol. 2330. — Is. 1. — Pp. 24–30. DOI: 10.3141/2330-04.

17. Barron P. Issues determining the development of cruise itineraries: A focus on the luxury market / P. Barron, A. B. Greenwood // *Tourism in Marine Environments*. — 2006. — Vol. 3. — No. 2. — Pp. 89–99. DOI: 10.3727/154427306779435238.

18. Kotowska I. The role of ferry and Ro-Ro shipping in sustainable development of transport / I. Kotowska // *Review of economic perspectives*. — 2015. — Vol. 15. — Is. 1. — Pp. 35–48. DOI: 10.1515/revecp-2015-0010.

REFERENCES

1. Maiorov, Nikolai N., Vladimir A. Fetisov, and Angelina A. Dobrovolskaia. "Stochastic model for forecasting of cruise or ferry ship arrival at seaport for infrastructure assessment." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.2 (2022): 169–180. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-2-169-180.

2. Cruise Market Watch. Growth of the Ocean Cruise Line Industry. Web. 01 July 2022 <<https://cruisemarketwatch.com/growth/>>.

3. Tallink routes. Web. 01 July 2022 <<https://www.tallink.com/routes>>.

4. Ferryscan. Web. 01 Aug. 2022 <<https://www.ferryscan.com/info/megalist-of-baltic-sea-ferry-routes>>.

5. Titov, Alexey Valerievich, and Danila Borisovich Ivashkovich. "Modern ways of development of the world sea ports and their influence on the port industry in Russia." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 1 (2016): 115–124.

6. Liu, Yanhong, Erwei Dong, Shiqi Li, and Xiaowen Jie. "Cruise tourism for sustainability: An exploration of value chain in Shenzhen Shekou Port." *Sustainability* 12.7 (2020): 3054. DOI: 10.3390/su12073054.

7. Čorluka, Goran, Ivan Peronja, and Dejan Tubić. "Cruise port passenger flow analysis: A cruise port governance perspective." *NAŠE MORE: znanstveni časopis za more i pomorstvo* 67.3 (2020): 181–191. DOI: 10.17818/NM/2020/3.1.

8. Krile, Srećko, Nikolai Maiorov, and Vladimir Fetisov. "Modernization of the infrastructure of marine passenger port based on synthesis of the structure and forecasting development." *Sustainability* 13.7 (2021): 3869. DOI: 10.3390/su13073869.

9. Krile, Srećko, and Nikolai Maiorov. "The influence of external environment to the ferry lines and marine passenger terminals." *Transport Problems* 15 (2020): 203–214. DOI: 10.21307/TP-2020-060.

10. Shpil'ko, S. P., N. V. Andronova, and R. V. Chudarev. *Morskie kruizy: teoriya i praktika*. M.: Sovetskii sport, 2012.

11. Voevodskii, E. N., and M. Ya. Postan. *Stokhasticheskie modeli v proektirovanii i upravlenii deyatel'nost'yu portov*. M.: Transport, 1987.
12. Yazvenko, Maksim Romanovich, and Andrey Georgievich Morozkov. "Simulation of a sea cargo port as a queuing system in AnyLogic." *Sistemnyi analiz i logistika* 4(26) (2020): 59–66. DOI: 10.31799/2007-5687-2020-4-59-66.
13. Chen, Jamie M., and Peter Nijkamp. "Itinerary planning: Modeling cruise lines' length of stay in ports." *International Journal of Hospitality Management* 73 (2018): 55–63. DOI: 10.1016/j.ijhm.2018.02.005.
14. Yandex. Map Builder. Web. 01 July 2022 <<https://yandex.ru/maps/?ll=17.196026%2C55.327024&mode=usermaps&source=constructorLink&um=constructor>>.
15. Brodetskiy, G. L. *Sistemnyi analiz v logistike. Vybor v usloviyakh neopredelennosti*. M.: Academia, 2010.
16. Tsamboulas, Dimitrios, Panayota Moraiti, and Giorgia Koulopoulou. "How to forecast cruise ship arrivals for a new port-of-call destination." *Transportation research record* 2330.1 (2013): 24–30. DOI: 10.3141/2330-04.
17. Barron, Paul, and Ana Bartolome Greenwood. "Issues determining the development of cruise itineraries: A focus on the luxury market." *Tourism in Marine Environments* 3.2 (2006): 89–99. DOI: 10.3727/154427306779435238.
18. Kotowska, Izabela. "The role of ferry and Ro-Ro shipping in sustainable development of transport." *Review of economic perspectives* 15.1 (2015): 35–48. DOI: 10.1515/revecp-2015-0010.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Майоров Николай Николаевич —
доктор технических наук, доцент
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет аэрокосмического
приборостроения»
190000, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Большая Морская, 67, лит. А
e-mail: nmsoft@yandex.ru
Добровольская Ангелина Александровна —
ассистент
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет аэрокосмического
приборостроения»
190000, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Большая Морская, 67, лит. А
e-mail: angd999@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maierov, Nikolai N. —
Dr. of Technical Sciences, associate professor
Saint-Petersburg State University
of Aerospace Instrumentation
67/A Bol'shaya Morskaya Str.,
St. Petersburg, 190000,
Russian Federation
e-mail: nmsoft@yandex.ru
Dobrovolskaia, Angelina A. —
Assistant
Saint-Petersburg State University
of Aerospace Instrumentation
67/A Bol'shaya Morskaya Str.,
St. Petersburg, 190000,
Russian Federation
e-mail: angd999@gmail.com

Статья поступила в редакцию 26 августа 2022 г.
Received: August 26, 2022.