



УДК 656.025.2, 656.072

ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ПАССАЖИРОПОТОКОВ В МОРСКОМ ПАССАЖИРСКОМ ТЕРМИНАЛЕ

Н. Н. Майоров

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Современные морские пассажирские порты и терминалы являются точками роста и развития как инфраструктуры, так и самой отрасли. Мировая тенденция свидетельствует об увеличении размеров круизных судов, увеличении пассажиропотоков, наращивания маршрутной сети, что скажется на изменениях в процессах обработки пассажиров в терминалах. Кроме инфраструктурных изменений, в виде модернизации причалов порта, необходимо оптимизировать работу служб под входящий пассажиропоток, формировать оптимизационные задачи и переходить к динамическим моделям управления. При обработке пассажиров необходимо учитывать возможные сбои и задержки, учитывать изменяющийся характер регистрации и целевых установок пассажиров. Для этого в статье предлагается построение функциональной схемы обработки пассажиропотока с учетом возможных задержек, запаздываний в обработке заявок-пассажиров. В статье рассматриваются вопросы конфигурирования процессов обработки в морской пассажирском порту, приводятся укрупненные блок-схемы перемещения пассажиров на паромном маршруте.

Ключевые слова: морские паромные перевозки, пассажирские перевозки, паромы, Балтийское море, морской пассажирский порт, пассажиропоток, интенсивности, паромные компании, системы массового обслуживания, паромные линии, круизы.

Для цитирования:

Майоров Н. Н. Построение функциональной схемы обработки пассажиропотока в морском пассажирском терминале // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №2(24), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2020 – с. 102-110. РИНЦ.

CONSTRUCTION OF FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM OF PASSENGER FLOWS PROCESSING IN MARINE PASSENGER TERMINAL

N. N. Maiorov

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

Marine passenger ports and terminals are new points of growth and development of both infrastructure and industry. The global trend indicates an increase in the size of cruise ships, an increase in passenger flows, an increase in the route network, which will affect changes in the processing of passengers in marine terminals. It is necessary to optimize the services for the incoming passenger flow, formulate optimization tasks and move on to dynamic control models in addition to infrastructural changes. It is necessary to take into account possible failures and delays, take into account the changing nature of registration and target settings of passengers. The article proposes the construction of a functional scheme for processing passenger traffic, taking into account possible delays, delays in the processing of passenger applications. The article discusses the configuration of processing processes in the passenger sea port, provides enlarged block diagrams of the movement of passengers on the ferry route.

Key words: sea ferry transportation, passenger transportation, ferries, Baltic Sea, passenger sea port, passenger flow, intensity, ferry companies, queuing systems, ferry lines, cruises.

For citation:

Maiorov N. N. Construction of functional block diagram of passenger flow processing in marine passenger terminal // System analysis and logistics.: №2(24), ISSN2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2020 – p. 102-110.

Характеристика паромной отрасли Балтийского моря.

Паромное судоходство хорошо развито во многих регионах мира особенно в регионе Балтийского моря. Балтийский паромный сектор представлен такими компаниями как Viking Line, Stena Line, Finnlines, Tallink, Scandlines [1, 2, 3, 4], которые доминируют в Балтийском море с точки зрения пропускной способности и занимают значительную часть рынка. Необходимо отметить также



наличие как норвежских так и польских компании, работающие на юге Балтики. Российский сектор морских паромных перевозок был очень развит во времена 1990х–2000х годов. В статье [1, стр. 1305] представлен анализ количества морских паромов и представлен ретроспективный анализ изменений в составе пассажирских круизных и паромных судов Росси в Балтийском море Сегодня Санкт-Петербург имеет совершенный специализированный морской пассажирский порт. Сама концепция выделенного морского пассажирского порта является новой для России. При этом, пассажирский порт «Морской Фасад» (АО "Пассажирский Порт Санкт-Петербург "Морской фасад") сегодня является новой точкой роста пассажиропотока, новой точкой изменения и модернизации околотерминального транспортного и городского пространства, новой точкой требующей внедрение цифровых транспортных моделей [5]. Кроме нового порта в Санкт-Петербурге также работает морской пассажирский терминал «Морской вокзал», открытый в 1982 году. Сейчас после объединения АО «Пассажирский Порт Санкт-Петербург «Морской фасад» осуществляет свою деятельность на базе пяти морских вокзалов. Каждый терминал имеет свою отличную от других инфраструктуру. В каждом отдельно размещены терминалы для посадки и высадки пассажиров, совершения таможенных процедур, багажные отделения, кассовые залы, рестораны, залы ожидания, гостиницы, магазины.

С системной точки зрения морскую пассажирскую транспортную систему образует взаимодействие систем «морской перевозчик/ судно – морской пассажирский порт/ терминал – околотерминальное транспортное пространство». При этом несмотря на целевую установку по обработке пассажира, каждая система имеет свои собственные критерии оценки [6, 7], технологические операции и правила, относительно которых выстраивается модель работы.



Рис. 1. Представление составляющих морской пассажирской транспортной системы с указанием взаимосвязей

Пассажиры, являются пользователями и выбирают ту систему паромных перевозок, которая позволяет им быстро, удобно, дешево, безопасно и комфортно добраться до пункта назначения. Паромные компании, как правило, осуществляют именно саму перевозку. Как следствие прибыльность являются важнейшими факторами развития и увеличение паромной сети и присутствия на рынке. Государство регулирует разные аспекты перевозок, а также предоставляет большую часть околотерминальной инфраструктуры. С точки зрения государства система имеет следующие критерии оценки: экологическое влияние, общественная прибыль и уровень социального благосостояния.



Необходимо также учитывать влияние стран и конкуренцию терминалов за пассажиропоток. В этом аспекте необходимо отметить уникальность региона Балтийского моря, который способствует развитию паромных линий и открытию новых маршрутов.

В регионе Балтийского моря можно выделить три основных паромных рынка части [3, 4, 10] и один выделить как перспективны:

- Западная Балтика включает в себя линии между Данией и Швецией, Норвегией и Германия; именно на западный рынок приходится 55–65% пассажирских перевозок и около 6% грузовых перевозок;
- Восточная Балтика представляет маршруты из Швеции в Финляндию и Эстонию, линии из Эстонии в Финляндию и Россию; на восточный рынок приходится 30-35% пассажирских и около 20% грузооборота.
- Южная Балтика / Центральная Балтика - включает в себя услуги между Швецией и Польшей, из Швеции в Латвию и Литву, маршруты между Германией и Литвой, Латвия и Финляндия; центральный рынок составляет 8,5% пассажиров транспорт и около 19% грузов. Присутствуют на данном участке и прямые маршруты из Ростока до Санкт–Петербурга.
- Северная Балтика представляет собой маршруты между Швецией и Финляндией; в данной части наблюдаются отдельные паромные маршруты, которые знакомят пассажиров с фьордами. Если говорить о регулярных пассажирских перевозках, то по отношению к другим частям Балтийского моря, вклад данной части незначителен. В свою очередь, данный регион может быть точкой создания новых паромных маршрутов.

На основе проведенного анализа в работе [1, 8] представлены области, в которых прогнозируется повышенная интенсивность движения паромных судов, по отношению к общей маршрутной паромной сети (рис. 2)

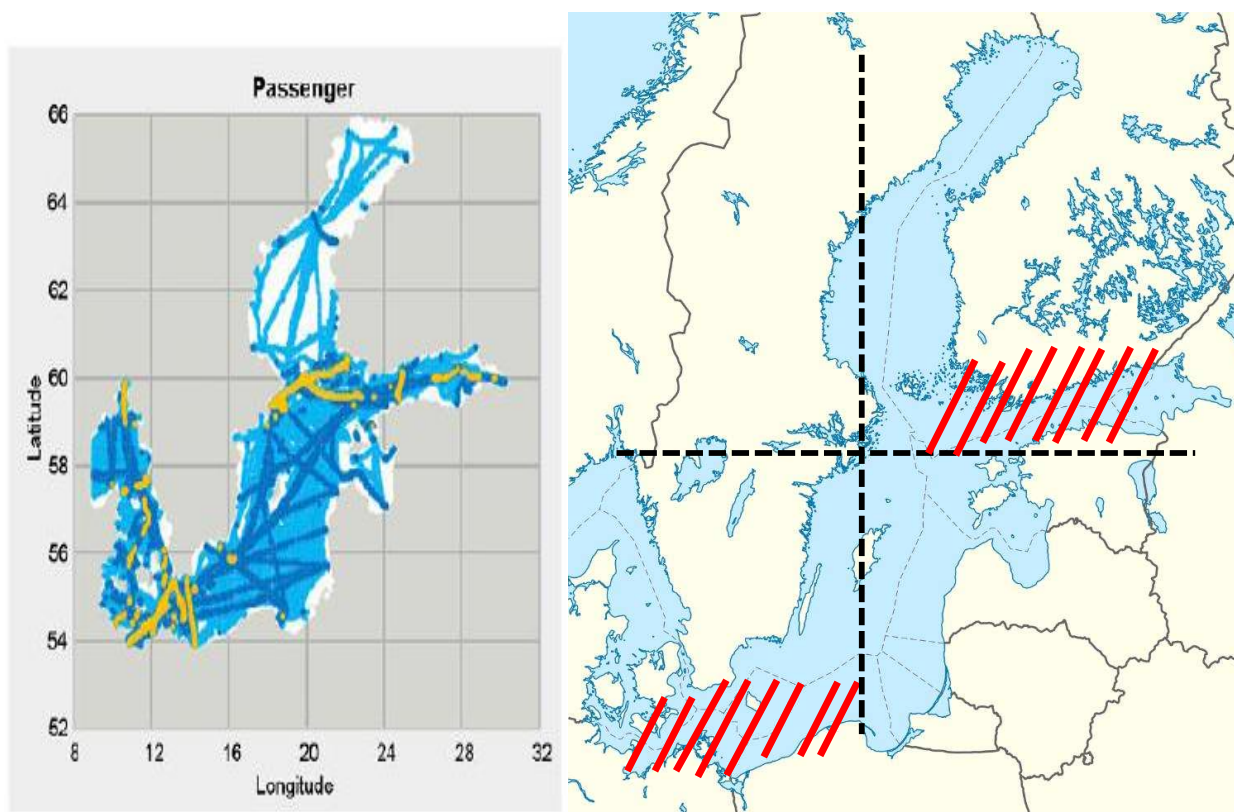


Рис. 2. Участки Балтийского моря, в которых прогнозируется повышенная интенсивность движения паромных судов, по отношению к общей маршрутной паромной сети



Если рассматривать основные связующие маршруты паромных линий относительно Санкт-Петербурга, то их можно представить согласно рисунку 3.



Рис. 3. Основные связывающие паромные маршруты из Санкт-Петербурга

Согласно интересам пассажиров паромы в Балтийском море — это, в первую очередь, удобный и доступный способ передвижения [3, 14]. Ввиду близости стран ежедневно они перевозят десятки тысяч людей между Финляндией, Эстонией, Швецией.

Поэтому при проектировании изменений или оценке влияния отдельных ее элементов, оценку эффективности следует проводить с учетом интересов всех трех объектов, представленных на рисунке. При этом модели и методы исследований достаточно различны. При описании моделей необходимо учитывать стохастический характер процессов работы паромных компаний и самого порта.

Новые тренды в сфере морских паромных перевозок.

Активным элементом системы является пассажир с его личностными целевыми установками и интересами. Именно пассажир выбирает паромный маршрут, пользуется специализированными информационными и логистическими сервисами, выбирает уровень сервиса на борту. Одной из основных задач паромных компаний конечно является привлечение пассажиропотока и сохранение тенденции на выборе именно данной компании из представленных на рынке в последующем.

Необходимо отметить, что ввиду тенденции на увеличение размеров круизных и паромных судов, изменились целевые установки самих пассажиров. Перечислим основные технологии, которые внедряются на паромные и круизные суда для улучшения сервиса и комфорта пассажиров [3, 4]:

1. Увеличение габаритов морских круизных и паромных судов. К примеру, Крупнейший в мире круизный лайнер, Symphony of the Seas, состоит из 15 пассажирских палуб и имеет 2775 кают, 22 обеденных зала, 24 бассейна и парк. На судне также есть баскетбольный корт, три водные горки «Идеальный шторм», каток, зона для тренировок, фитнес-центр, оснащенный по последнему слову техники. Судно 2018 года постройки имеет длину около 1188 футов — это почти длину четырех футбольных полей. Данное судно можно считать некоторым флагманом, на который в скором времени будут равняться другие. В таблице 1 представлены подобные большие суда. Характеристика современных круизных судов представлена в таблице 1 (на основании данных [2, 3, 4, 14]).

Таблица 1 – Большие суда

№	Название	Характеристика судов (количество кают и вместимость)
1	Symphony of the Seas	2 775 кают, количество пассажирских палуб 15, 6 780 пассажиров
2	Harmony of the Seas	2 747 кают, количество пассажирских палуб 15, 6780 пассажиров
3	Allure of the Seas	2 706 кают, количество пассажирских палуб 15, 6296 пассажиров



4	Oasis of the Seas	2 706 кают, количество пассажирских палуб 15, 6360 пассажиров
5	AIDAnova	2 500 кают, количество пассажирских палуб 20, 6600 пассажиров

2. На некоторых судах для улучшения качества пребывания на борту внедряются виртуальные балконы. К примеру, компания Royal Caribbean стала устанавливать виртуальные балконы, которые передают изображения в реальном времени с внешней стороны корабля. Данная технология также внедряется и на паромных судах.
3. Развитие информационных и сервисных составляющих. Системы регистрации через интернет.
4. Создание гибких маршрутов, которые подстраиваются под интересы пассажиров.

Построение функциональной схемы обработки пассажиропотока для морского пассажирского порта

Если анализировать данные представленные в таблице 1, то происходит значительное увеличение нагрузки на морские пассажирские порты и их службы. Увеличение габаритов судов и пассажиров вызывает необходимость модернизации портовой инфраструктуры.

Работа морского пассажирского порта зависит от множества параметров, таких как наличие человеческого фактора, прохождение паспортного и пограничного контроля, состояние информационных систем, продолжительность посадки/высадки пассажиров и др. Нарушение работы одного из факторов приводит к затруднению движения пассажиропотока и нарушению целостности работы всей системы, а это, в свою очередь, ведет к потере пропускной способности и экономическим потерям. В связи с этим возникает задача исследования, планирования и оптимизации работы морского пассажирского порта, которая достаточно трудно реализуется традиционными алгоритмическими методами.

Процесс обработки пассажиропотока представляется в виде линейной модели [5], в которой пассажир постепенно проходит оформление службами морского пассажирского порта и затем уже паромной компанией на борту (рис. 4).

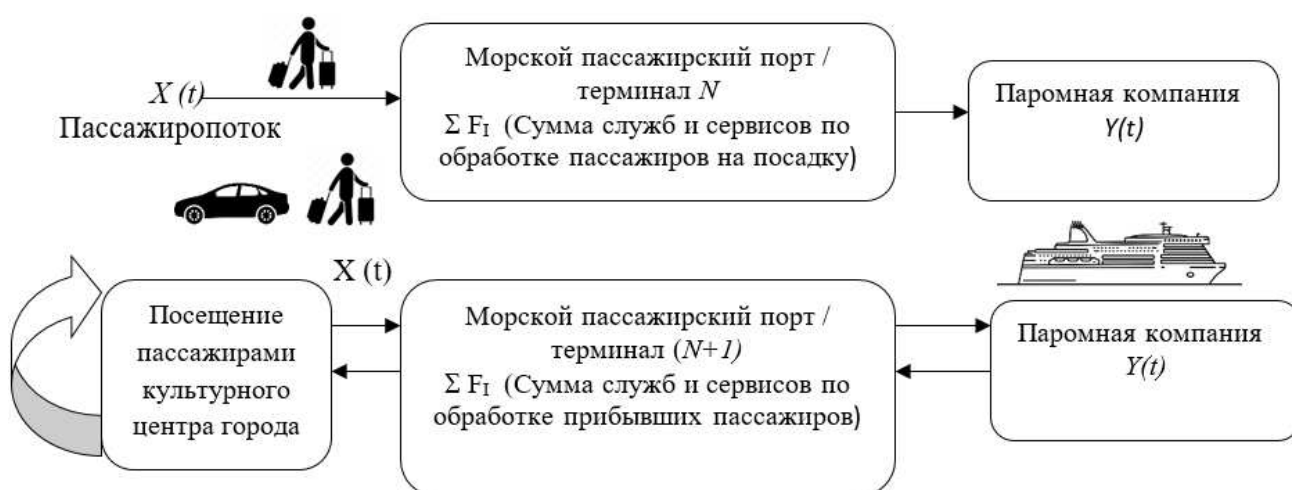


Рис. 4. Схема перемещения пассажиров на посадку и процессы обработки в порту на маршруте (N+1), с учетом возможности перемещаться на собственном автомобиле

На каждом этапе обработки пассажиров затрачивается определенное время. В общем случае общее время обработки пассажира от входа в терминал до захода в каюту представляет собой алгебраическую сумму отдельных временных отрезков. Работа служб может быть исследована на основе моделей и методов систем массового обслуживания [13, 14, 15]. Затронем вопросы конфигурации системы обслуживания. Количество каналов в системе можно определить, как число



пассажирам, обслуживание которых может быть начато одновременно, например очередь на регистрацию. К примеру, на регистрацию открыто несколько окон для обслуживания, пассажир ожидает в общей очереди и подходит к первому освободившейся стойке. В данном случае для морских пассажирских терминалов, как и для терминалов на других видах транспорта, может быть следующая конфигурация (рис. 5).

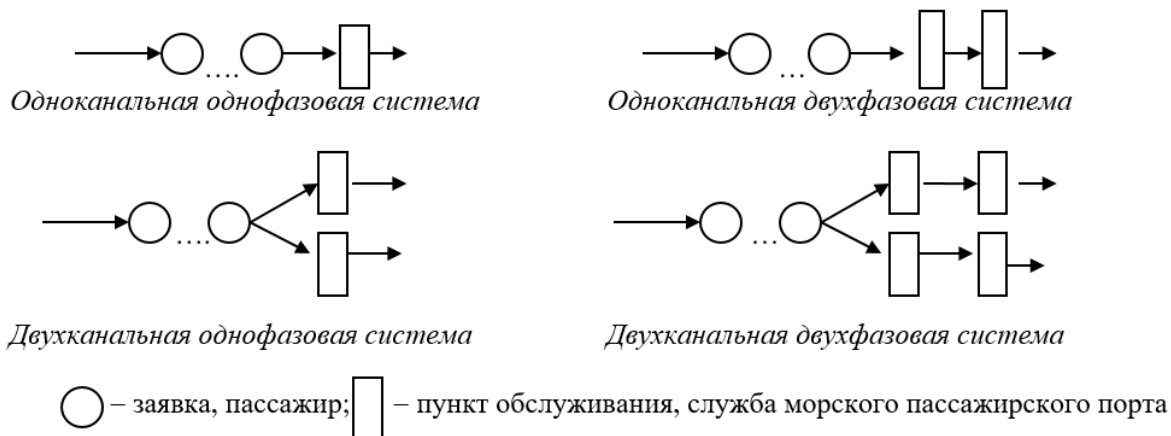


Рис. 5. Примеры конфигураций систем массового обслуживания для пассажирского терминала

В терминале потоки пассажиров, ведут себя иначе в сравнении с отдельным человеком. К примеру, обойти препятствие отдельному человеку не составит труда, а пассажиропотоку лучше двигаться по прямой, иначе могут возникать заторы. Чтобы лучше понять поведение и мотивацию пассажиров, нужно рассмотреть группы составляющие пассажиропоток.

Пассажиропоток сегодня образуют следующие варианты регистрации:

1. Регистрируются через интернет и следуют без багажа;
2. Регистрируются и сдают багаж на стойках регистрации;
3. Регистрируются в киоске саморегистрации и сдают багаж на стойке;
4. Регистрирующиеся в пункте пропуски автомобилей;
5. Регистрируются через интернет и сдают багаж на стойке.

Каждого пассажира можно рассматривать как заявку, которая должна пройти обработку соответствующей службой морского пассажирского порта. Вероятность того, что за интервал времени $(t_0, t_0 + \tau)$ произойдет m событий, определяется из закона Пуассона:

$$P_m = \frac{a^m e^{-a}}{m!}; a = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} \lambda(t) d(t),$$

где a — параметр Пуассона.

Если $\lambda(t) = const(t)$, то это стационарный поток Пуассона. В этом случае $a = \lambda \cdot t$. Если $\lambda = var(t)$, то это нестационарный поток Пуассона.

Вероятность появления m событий за время τ равна:

$$P_m = \frac{(\lambda \cdot \tau)^m e^{-\lambda \tau}}{m!}; \rightarrow P_0 = \frac{(\lambda \cdot \tau)^0 e^{-\lambda \tau}}{0!} = e^{-\lambda \tau}.$$



Тогда на основании Пуассоновского закона распределения можно представить следующую функциональную схему пассажиропотока для морского пассажирского порта (рис. 6).

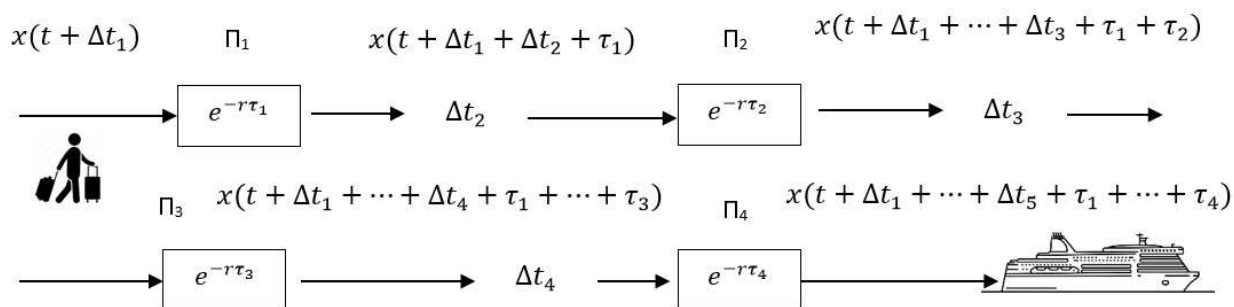


Рис. 6. Функциональная схема пассажиропотока для морского пассажирского порта

Согласно рисунку 6: Δt_1 – запаздывание, после подачи заявки на вход и до обслуживания заявки в приборе «1й проверки»; τ_1 – время обслуживания заявки в приборе «1й проверки»; Δt_2 – запаздывание заявки после обслуживания в приборе «1й проверки» и до обслуживания в приборе «Регистрация»; τ_2 – время обслуживания заявки в приборе «Регистрация»; и так далее по последующим службам обработки пассажира в терминале.

На схеме введены обслуживающие приборы:

P_1 – прибор обслуживания «1й досмотр» (проверка металлодетектором): Действия, осуществляемые пассажиром:

1. предоставить багаж для проверки;
2. пройти сквозь металлодетектор в морском порту;
3. забрать багаж после досмотра и пройти в терминал.

Действия, осуществляемые автоматизированной системой («человек-машина»):

- проверка багажа.

P_2 – прибор обслуживания «Регистрация»: Действия, осуществляемые пассажиром:

1. предоставление документов;
2. забрать документы и билет, посадочный талон.

Действия, осуществляемые автоматизированной системой («человек-машина»):

- проверка документов;
- регистрация пассажира;
- выдача билета посадочного талона;
- информирование пассажира.

Аналогичным образом производится заполнение по последующим службам: Таможенный контроль, Перемещение до судна / Перемещение по телетрапу; Контроль на паромном судне. Таким образом получается построение функциональной схемы с учетом всех возможных стохастических процессов, которые могут возникнуть в процессе обработки. Законы работы обслуживающих приборов P_i можно менять, в зависимости от интенсивности и условий.

Заключение

Достоинством предложенной функциональной модели обработки пассажиропотока являются:

1. учет возможных задержек при обработке пассажиров;
2. формализованное определение всех возможных временных границ по обработке;
3. использование результатов напрямую в информационных имитационных систем и транспортных моделях терминала [16];
4. гибкость к изменяющимся условиям;
5. можно решать оптимизационную задач на уменьшение возможных задержек.



На основе предложенной функциональной схемы открывается возможность реализовывать транспортные модели пассажиропотоков с учетом всех возможных задержек и запаздываний, решать задачу построения функциональной системы управления, применительно как к системе в целом, так и к каждой службе морского пассажирского порта, задействованной в обработке пассажиропотока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Майоров Н. Н.* Прогнозирование развития морских пассажирских терминалов и сети паромных линий в регионе Балтийского моря / Н.Н. Майоров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2018. – №6(52). – С. 1299-1311.
2. Круиз Гид. URL: <https://www.cruiseid.ru/> (дата обращения: 05.05.2020).
3. CINN 2019 EUROPE. European Cruise Lines. [Электронный ресурс]. –Режим доступа <https://www.cruiseindustrynews.com/pdf> (дата обращения: 1.04.2020).
4. Baltic LINes (2016): Shipping in the Baltic Sea – Past, present and future developments relevant for Maritime Spatial Planning. Project Report I. 35 p.
5. *Майоров, Н.Н.* Исследование операционных процессов обслуживания пассажиров в морском пассажирском терминале с использованием моделирования / Н.Н. Майоров, В.А. Фетисов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 6 (40). – С. 70–80.
6. *Селиванов В.В.* .Международный морской туризм: основы организации и методология : учебное пособие / В.В.Селиванов. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2015. – 296 с.
7. *Рыженко Л.И.* Техничко-экономические аспекты взаимодействия видов транспорта /Л.И. Рыженко . – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 56 с.
8. *Maiorov N.N.* Forecasting the operational activities of the sea passenger terminal using intelligent technologies / N.N. Maiorov, V.A. Fetisov, S. Krile // Transport Problems. – 2018. – Vol.13 (Issue 1). – pp. 27-36.
9. *Кофман А.* Модели и методы исследования операций / А. Кофман. - Москва.: МИР, 1996. – 523 с.
10. *I. Kotowska* The role of ferry and ro-ro shipping in sustainable development of transport / Kotowska I. Review of economic perspectives. vol. 15. issue 1. 2015. pp. 35–48, DOI: 10.1515/revesp-2015-0010.
11. Порт Санкт-Петербург Морской Фасад. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.portspb.ru/> (дата обращения: 15.04.2020).
12. *Vaggelas G. K, Pallis A.A.* Passenger Ports: Services Provision and their Benefits / G. K, Vaggelas A.A. Pallis // Maritime Policy and Management .– vol. 37 . – no. 1. – pp. 73-89.
13. *Brida J-G et al* (2013). Cruise Passengers in a Homeport: A Market Analysis. Tourism Geographies: An International Journal of Tourism Space, Place and Environment, Vol 15, pp. 68-87. DOI: 10.1080/14616688.2012.675510.
14. *Petrick, J., Li X. & Park S-Y.* (2007). Cruise passengers’ decision-making processes. Journal of Travel & Tourism Marketing, vol. 23, n 1, pp. 1-14
15. *Бабурин В.А., Полянская Т.И., Шилкина И.Д.* Экономико-математические модели и методы в управлении водным транспортом. Системы массового обслуживания. учеб. Пособие / В.А. Бабурин, Т.И. Полянская, И.Д. Шилкина. СПб.: СПГУВК, 2009. –109 с.
16. *Майоров, Н.Н.* Транспортная модель как инструментарий для исследования процессов морского пассажирского терминала / Н.Н. Майоров, В.А. Фетисов // Транспортное дело России. – 2018. – № 5. – С. 158–159.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Майоров Николай Николаевич –

кандидат технических наук, доцент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: nnm@guap.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Maivorov Nikolai Nikolaevich —

PhD, associate professor, Department of System Analysis and Logistics

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: nnm@guap.ru