

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-627-639

APPLICATION OF THE LOGISTIC FUNCTION TO ASSESS THE IMPACT OF THE ENVIRONMENT ON SEA FERRY, CRUISE LINES AND MARINE PASSENGER TERMINALS

N. N. Maiorov, V. A. Fetisov

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

The market of sea ferry transportation and the market of sea cruises have been investigated as one of the most promising and rapidly developing markets for international sea transportation. It is noted that the development of infrastructure is limited, on the one hand, by the internal processes and resources of each terminal, and on the other hand, by the need to respond to calls from the external environment surrounding the terminals. The size of cruise and ferry ships is increasing and the trend for population mobility continues and even increases. It is emphasized that sea passenger ports are being integrated into the transport systems of cities and regions. The existence of sufficiently developed mathematical forecasting models in the class of polynomial models, probabilistic series and other techniques that do not take into account, to a sufficient extent, the influence of the external environment, is noted. It is noted that the interests of passengers directly influence the sphere of sea passenger transportation. Therefore, the development of research and forecasting methods is relevant. The existing trends for an increase in passenger traffic are considered and the necessary statistical information on the ports and terminals of the Adriatic and Baltic Seas is presented. The developed scheme of interaction between the participants of the cruise market and the mathematical model of the port as a technical system are presented. The logistic function proposed for use in assessing the external environment has been substantiated. To determine the area of its use, a scheme for dividing the strategic and operational levels of functioning for sea passenger ports is given. A new mathematical model is considered and the main equation of the logistic function is derived. The boundary conditions for the applicability of the model are analyzed. The analytical data for the study are selected ship calls at the Passenger Port of St. Petersburg «Marine Facade» in 2019 and planned ship calls in 2020. To simulate the situation, a new consideration of various proportionality coefficients determining the demand for cruise and ferry transportation is proposed. For different values, modeling is performed in the interval of short-term forecasting. Based on the results obtained, the attractiveness conditions of the corresponding cruises and the speed of cruises purchase by passengers are formed. A complete model, taking into account the real timetable of the sea passenger port, is presented.

Keywords: marine transport processes, passenger flow, simulation, ferry network, cruise network, marine passenger port, logistics function, Baltic sea, Adriatic sea, ferry line, cruise market.

For citation:

Majorov, Nikolaj N., and Vladimir A. Fetisov. "Application of the logistic function to assess the impact of the environment on sea ferry, cruise lines and marine passenger terminals." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.4 (2020): 627–639. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-627-639.

УДК 65.012.1; 656.072

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА МОРСКИЕ ПАРОМНЫЕ, КРУИЗНЫЕ ЛИНИИ И МОРСКИЕ ПАССАЖИРСКИЕ ТЕРМИНАЛЫ

Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов

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

Исследован рынок морских паромных перевозок и рынок морских круизов как один из наиболее перспективных и быстроразвивающихся рынков международных морских перевозок. Отмечается, что развитие инфраструктуры ограничивается, с одной стороны, внутренними процессами и ресурсами каждого терминала, а с другой — необходимостью отвечать на вызовы окружающей среды. Размеры круизных и паромных судов увеличиваются, тенденция к мобильности населения сохраняется и даже возрастает. Подчеркивается, что морские пассажирские порты интегрируются в транспортные системы городов и регионов. Отмечается существование достаточно проработанных математических моделей прогнозирования в классе полиномиальных моделей, вероятностных рядов и других методик, которые не учитывают, в досточной мере, влияние внешней среды. Отмечается, что на сферу морских пассажирских перевозок оказывают непосредственное влияние интересы пассажиров. Поэтому разработка методики исследования и прогнозирования является актуальной. Рассматриваются имеющиеся тренды на увеличение пассажиропотоков и представлена необходимая статистическая информация по портам и терминалам Адриатического и Балтийского морей. Представлена разработанная схема взаимодействия участников круизного рынка и математическая модель порта как технической системы. Обоснована логистическая функция, предлагаемая для использования при оценке внешней среды. Для определения области ее использования приводится схема разделения стратегических и оперативных уровней функционирования для морских пассажирских портов. Рассмотрена новая математическая модель и сделан вывод основного уравнения логистической функции. Проанализированы граничные условия применимости модели. Аналитическими данными для проведения исследования были выбраны судозаходы в АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» в 2019 г. и плановые судозаходы в 2020 г. Для моделирования ситуации предложено новое рассмотрение различных коэффициентов пропорциональности, определяющих спрос на круизные и паромные перевозки. При различных значениях выполнено моделирование в интервале краткосрочного прогнозирования. На основе полученных результатов формируются условия привлекательности соответствующих круизов и скорость покупки круизов пассажирами. Приводится полная модель с учетом реального расписания морского пассажирского порта.

Ключевые слова: морские транспортные процессы, пассажиропоток, моделирование, паромная сеть, круизная сеть, морской пассажирский порт, логистическая функция, Балтийское море, Адриатическое море, паромная линия, круизный рынок.

Для цитирования:

Майоров Н. Н. Применение логистической функции для оценки воздействия внешней среды на морские паромные, круизные линии и морские пассажирские терминалы / Н. Н. Майоров, В. А. Фетицов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 4. — С. 627–639. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-627-639.

Введение (Introduction)

Рынок морских паромных перевозок и рынок морских круизов является одним из наиболее перспективных и быстроразвивающихся рынков международных морских перевозок. При этом имеет место значительная динамика изменений в маршрутных сетях, интенсивности работы, стратегиях морских компаний для регионов морей, например, Балтийского моря, Адриатического моря и др. В настоящее время начинается развитие рынка пассажирских паромных перевозок на Черном море, наблюдается расширение маршрутных сетей, создание новых паромных компаний. Перевозка паромными в пределах морей на международном рынке является наиболее востребованной, так как позволяет пассажирам быть очень мобильными, путешествовать на собственном транспорте. Распространенность коротких и средних маршрутов определяет интенсивное движение судов, четких график которых поддерживается спросом у пассажиров в регионах. Общее количество паромных линий, например, в Балтийском регионе постоянно растет [1], [2]. Большое количество паромных линий включает внутренние линии, соединяющие части государств с островными территориями, что также способствует расширению рынка перевозок. Так, например, в Адриатическом и Балтийском морях паромные линии связаны с европейским континентом тысячей островов.

Следует отметить, что основным стимулом развития в Балтийском регионе для паромных перевозок являются порты Финляндии, Эстонии, России и их связи с другими европейскими государствами в регионе. Именно в регионах этих морей сегодня наблюдаются серьезные изменения не только в маршрутных сетях, но и в стратегиях развития и продвижения на рынке паромных услуг.

Ввиду мировых трендов, отражающихся в стремлении терминалов к увеличению пассажиропотока, изменению размеров круизных и паромных судов [3]–[6], [13], а также наблюдающихся изменений интересов пассажиров, происходят изменения в стратегиях планирования и управления, в требованиях к соблюдению норм экологии, требующие использования новых моделей и методов, основанных на учете динамических параметров. К примеру, в настоящее время высокоскоростные паромы, скорость которых превышает 30 уз и более, успешно конкурируют с воздушным транспортом в пассажирских перевозках. На рынок выходят новые, так называемые *круизные паромы*, — тяжелые и комфортабельные суда, обеспечивающие для пассажиров сервис высокого уровня. При системном рассмотрении круизная индустрия находится в прямой зависимости как от интересов пассажиров, интересов политики города и регионов, интересов пассажирских портов и терминалов, так и от интересов компаний-перевозчиков. В настоящее время рост количества пассажиров наблюдается не только в круизах по Средиземному морю, но и в круизах по Балтийскому морю [6], [7].

Согласно данным источников [8], [9], крупнейшая в мире частная круизная компания *MSC Cruises* объявила о планах по созданию нового круизного терминала в порту Майами. Новый терминал позволит обеспечить высокое качество обслуживания пассажиров как при посадке, так и при высадке на круизных лайнерах *MSC Cruises* и значительно расширить присутствие компании в Северной Америке и Карибском бассейне. Компания *MSC Cruises* получила разрешение на проектирование, постройку, эксплуатацию и обслуживание здания, в котором находятся два круизных терминала: AA и AAA, а также два круизных причала. Терминал *MSC Cruises* в Майами сможет принимать два гигантских круизных лайнера одновременно, что позволит компании обслужить поток до 28 000 пассажиров в день.

Согласно официальным источникам, наблюдается значительное увеличение пассажиропотока морских портов и терминалов [7], [10], что также является показателем увеличения интереса к морским паромным перевозкам. Сохраняющаяся тенденция увеличения пассажиропотока (рис. 1, табл. 1) была определена для АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» (далее — Пассажирский порт «Морской фасад») — первого уникального специализированного морского пассажирского порта как в Балтийском регионе, так и в Российской Федерации.

Таблица 1

Пассажиропоток порта «Пассажирский порт «Морской фасад» (г. Санкт-Петербург)

Год	Пассажирооборот (раh)	Год	Пассажирооборот (раh)
2009	490110	2014	947674
2010	698044	2015	964818
2011	807492	2016	912990
2012	822714	2017	995757
2013	965348	2018	1091763
		2019	1104479

При построении изменения пассажиропотока представлен линейный тренд второй степени [11], [12] ввиду линейности характера увеличения пассажиропотока (рис. 1).

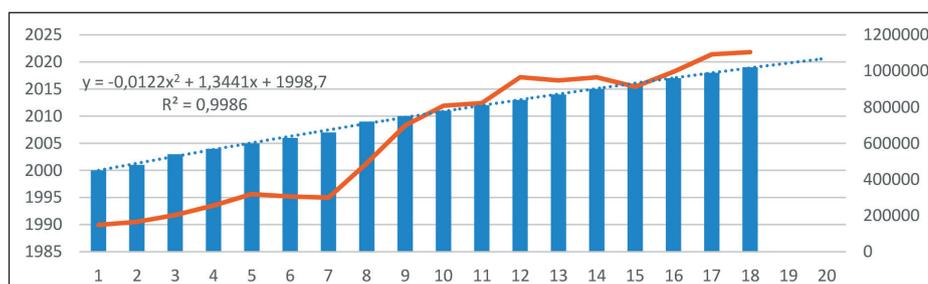


Рис. 1. Увеличение пассажиропотока морских паромных линий в Санкт-Петербурге в 2000–2019 гг.

Основную долю прибыли на данном рынке приносят пассажирские перевозки и перевозки автомобилей, выручка от продажи товаров и услуг, оказываемых в паромных магазинах, ресторанах и т. д. В настоящее время прибыль приносят сопутствующие логистические цифровые сервисы, ускоряющие процессы оформления и покупки туров. Ввиду увеличения пассажиропотока наблюдается увеличение загрузки на портовую инфраструктуру. На пассажирские порты оказывает влияние внешняя среда, под действием которой определяются тенденции к строительству больших круизных и паромных лайнеров нового поколения, а также увеличению длины причалов морских портов и терминалов.

Рассмотрим примеры в сфере завершения строительства новых паромных и круизных судов. Согласно источнику [14], 2019 г. стал рекордным по количеству спущенных на воду круизных лайнеров (введено в строй 24 новых круизных судна). Самым большим лайнером, введенным в эксплуатацию, стал *Costa Smeralda* вместимостью 5224 пассажира. Это первое пассажирское судно, работающее на сжиженном природном газе, является одним из самых экологически чистых в мировой круизной отрасли. Пассажирское судно класса *Meraviglia-plus — Grandiosa MSC*, [14], будет сдано в эксплуатацию в ноябре 2020 г. Вместимость этого судна чуть менее 5000 пассажиров. При этом суда данного класса оснащены современными цифровыми технологиями. Для ускорения регистрации пассажиров американская круизная компания *Royal Caribbean Cruises* вводит на лайнерах технологию распознавания лиц, повышая тем самым безопасность и оперативный мониторинг на судне и обеспечивая оперативный процесс размещения на судне пассажиров.

Модели принятия решений, существующие, например, пять лет назад, требуют в настоящее время внесения определенных изменений, вызванных увеличением интенсивности процессов. Сегодня необходима разработка новых методов планирования и прогнозирования, которые позволят учесть как влияние внешней среды, так и условия влияния пассажиропотока. В предлагаемом исследовании рассмотрен новый метод планирования и прогнозирования с использованием логистической функции и включением переменных, определяющих как заинтересованность пассажиров определенным круизом.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Построение математической модели процессов морского пассажирского порта как технической системы. Морской пассажирский терминал является уникальным транспортным объектом — точкой сходимости как наземных маршрутов, так и маршрутной сети компаний перевозчиков. Наиболее важной и сложной задачей является оптимизация процессов в морском пассажирском порту или терминале, оперативное управление, планирование и прогнозирование развития для качественного принятия решений по модернизации инфраструктуры и сохранению уровня прибыльности. Ввиду широкого спектра социально-экономических, транспортных и инфраструктурных, технических вопросов, а также вопросов организации работы, эффективного управления и учета влияния окружающей среды необходимо разрабатывать новые модели и методы на основе системного многокритериального анализа.

Морская терминальная система находится под влиянием окружающей среды и мировой геополитической ситуации, что значительно усложняет разработку долговременной эффективной системы принятия решений по эффективному управлению и стратегическому долгосрочному прогнозированию. Морской пассажирский порт является непрерывной системой, в которой формируется расписание судозаходов порта, при этом возможные задержки и запаздывания обуславливают стохастичность данной системы. Математическую модель процессов морского пассажирского порта как технической системы [15] можно представить в виде обобщенных стохастических дифференциальных уравнений второго порядка:

$$F^*(Y, \dot{Y}, \ddot{Y}, \Lambda, t) = 0, \quad (1)$$

где при $t = 0$ $Y(0)$, $\dot{Y}(0)$ — векторы начальный условий; $t \in [0, T]$ — некоторый интервал времени; F^* — вещественная нелинейная вектор-функция своих аргументов; $F^* = (F_1^*, \dots, F_n^*)$, $Y = (y_1, \dots, y_n)$, \dot{Y} , \ddot{Y} — векторы фазовых координат и их производных первого и второго порядка (функций времени), $X = (x_1, \dots, x_n)$ — вектор параметров случайных величин; $\Lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ — вектор возмущающих воздействий на систему.

Вектор возмущающих воздействий на систему можно представить в виде следующих функций: ценовая политика, сезонность, интерес населения, конкуренция между компаниями и терминалами на рынке, наличие логистических информационных сервисов, транспортная доступность терминала. Теоретически к возмущающим воздействиям можно отнести любой процесс, оказывающий непосредственное влияние на систему «морской пассажирский порт – круизная или паромная компания». Активным элементом данной системы является пассажир с его целевыми установками, от поведения и выбора которого будет напрямую зависеть организация работы всей системы перевозок. При этом поведение пассажиров сложно описать с помощью классических уравнений. Если на микроуровне поведение пассажира можно описать определенными моделями, такими как модели для транспортных и пассажирских потоков, предложенные *H. Greenberg*, *B. D. Greenshields*, *C. F. Daganzo* [16]–[18], модель притягивающих сил, модели систем массового обслуживания, модели на основе клеточных автоматов, то для решения задачи оценки на макроуровне необходим новый подход в связи с расширением мотивации для путешествий пассажиров (смена места жительства, трудовая миграция, поездка в другой регион (страну) на срок более года, посещение друзей и близких и др.).

Для решения вопросов планирования и стратегического позиционирования морского пассажирского порта в регионе необходимо использовать модели и методы прогнозирования. В данной работе выполнено исследование позиционирования морского пассажирского порта на основе круговых диаграмм связей *CircosGraph* [19]. При этом управление морским портом должно предусматривать изучение и анализ тенденций и трендов. С учетом необходимости прогнозирования представим схему границ задач прогнозирования для морского пассажирского порта (рис. 2).

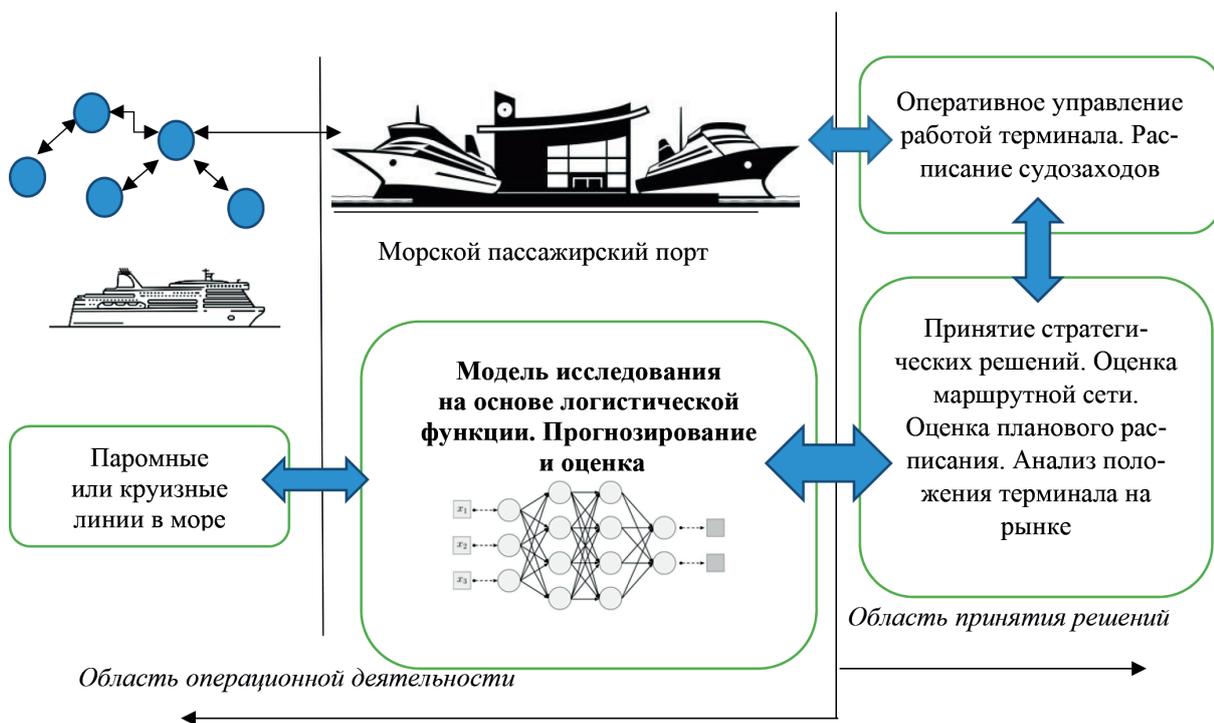


Рис. 2. Использование логистической функции для прогнозирования работы на основе концептуальной модели исследования

В статье авторов [4] представлена специальная модель для прогнозирования нового паромного или круизного маршрута [20], [21] между различными портами в границах моря. Для определения динамики пассажиропотока руководителем или лицом, принимающим решение, в данной работе предлагается использовать логистическую функцию. Это позволит связать характеристики региона, определить спрос на паромные и круизные маршруты, а также время и активность пассажиров для выбора соответствующего существующего круиза или нового круиза из существующего списка маршрутов из терминала.

Модель исследования выбора круизов со стороны общества на основе логистической функции. На основе системной точки зрения процессы создания туристического круизного продукта можно представить в виде организации следующих мероприятий:

- самого круизного тура;
- комфортного пребывания пассажира на борту;
- берегового обслуживания туриста в терминалах и околопортовой инфраструктурой;
- сервисного обеспечения пассажира как на борту судна, так и при прохождении терминала.

На основе существующего прямого влияния внешней среды на систему морских пассажирских терминалов необходимо разработать методику по учету такого влияния. Если рассматривать текущие состояния системы, то они будут формироваться из следующих переменных:

$$X_{t+1}(t) = X_0(t) \pm \lambda(t), t = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (2)$$

где $X_{t+1}(t)$ — новое состояние портовой системы; $X_0(t)$ — некоторое начальное состояние, принятое за эталонное лицом, принимающим решение; $\pm \lambda(t)$ — учет фактора влияния внешней среды, как положительного так и отрицательного.

Рынок морских пассажирских перевозок организован таким образом, что пользователю (будущему пассажиру) выгоднее заблаговременно забронировать тур. По мере приближения к дате начала тура цена за каюту будет возрастать. Тем самым рынок стимулирует пассажиров заранее принимать решение, что оказывает влияние на загрузенность круизного судна и организацию непосредственно самого круиза. В случае, если на круиз было продано незначительное количество мест, то компания-перевозчик зачастую предлагает каюту на другой тур, который начинается раньше, либо на схожий тур, где процент заполнения круизного судна больше.

Для учета влияния внешней среды предлагается использовать аналитическую модель на основе логистической функции. Фактически логистическая функция, или логистическая кривая [22], представляет собой моделирующую кривую роста вероятности некоторого события по мере изменения управляющих параметров, которыми могут быть как факторы риска, так и стратегия продвижения круизных услуг на рынке. Логистическая кривая относится к S-образным кривым [15]. Вероятность P следует трактовать как достижения желаемых параметров, к примеру, заполнение паромного судна, формирование условий для открытия новых паромных направлений.

Предположим, что в некоторый момент времени от круизной компании начинает поступать измененная информация о новом круизе в отношении запланированного судном захода в морской пассажирский терминал. Круиз будет осуществлен только в случае достижения порога как минимум безубыточности маршрута. Начальная стадия роста соответствует экспоненциальной функции, так как количество заинтересованных лиц, которые выбрали данный круиз, увеличивается. Затем, по мере насыщения, рост уменьшается и требуется использование дополнительных рыночных механизмов для привлечения новых потенциальных пассажиров.

Простейшую логистическую функцию представим следующим соотношением:

$$P(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}}, \quad (3)$$

где $P(t)$ — искомая зависимость от функции времени; t — время, равное времени продажи тура.

Ситуация моделирования информации о круизе выглядит следующим образом. Пусть известна заданная вместимость круизного или паромного судна. Данная величина является постоянной и к этому числу должна стремиться функция. В некоторый заданный момент времени начинает формироваться информация о маршруте и круизное судно появляется в расписании порта. В каждый момент времени сегмент пользователей, осведомленных о круизе, может быть представлен в виде:

$$\begin{aligned}
 &t_1 : N - x_1; \quad t_2 : (N - x_1) - x_2; \quad t_3 : ((N - x_1) - x_2) - x_3; \\
 &\dots\dots\dots \\
 &t_n : ((N - x_{j-1}) - x_{j-2}) - x_{j-3} - \dots - x_{j-N}); \\
 &F(N - x_j) \rightarrow \max_t, \quad t \in [t_0, t_s].
 \end{aligned} \tag{4}$$

Функция $F(N - x_j)$ является некоторой целевой функцией, которая стремится к максимуму по времени, что означает наибольшую скорость продажи билетов на круиз и его заполнение. Интервал времени устанавливается лицом, принимающим решение. Обычно за начальный момент времени можно принять получение информации о новом круизе. В этом случае скорость распределения информации о круизе можно представить следующей системой уравнений с учетом преобразований:

$$\begin{aligned}
 \frac{dx}{dt} &= kx(N - x_1); \quad \frac{dx}{x(N - x)} = kdt; \quad \int \frac{dx}{x(N - x)} = \int kdt; \quad \frac{1}{N} \ln \frac{x}{N - x} = kt + C; \\
 \frac{x}{N - x} &= e^{Nkt+C}; \quad x(t) = \frac{N}{1 + Ee^{-Nkt}},
 \end{aligned} \tag{5}$$

где k — коэффициент пропорциональности; E — переменная, отражающая характер кривых распределения информации, $E = (\alpha - 1)$; α — степень общения пользователей друг с другом (по умолчанию принимаем $\alpha > 0$).

Логистическая функция является зависимой от многих факторов, поэтому необходимо ее исследовать отдельно как функцию времени $\alpha(t)$. Тогда получим искомое уравнение логистической функции о распределении информации о новом круизе в виде

$$X(t) = \frac{N}{1 + (\alpha - 1)e^{-Nkt}}. \tag{6}$$

При решении логистической функции для возможности создания заключения по круизу не будем рассматривать значения, представленные в отрицательной плоскости. В рассмотрение принимаются только значения $X(t) > 0$. В зависимости от значения константы изменяется характер роста осведомленности общества о круизе на первых стадиях, но, рано или поздно, при любом $\alpha = \text{const}$ логистическая функция достигает заданного уровня насыщения, что соответствует уровню продажи круизных туров. Пассажиры в полном объеме придут в терминал в заданное время.

Исходные данные для моделирования и решения задачи прогноза заинтересованности круизом или паромным маршрутом со стороны общества. Согласно статистическим данным [10], в АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад», в настоящее время наблюдается значительное увеличение пассажиропотока и интенсивности круизных судов, по сравнению с 2016–2017 гг. Для формирования условий исследования эффективности применения логистической функции для морского пассажирского терминала за основу следует выбрать интенсивность круизных линий. На основе анализа расписаний судовых заходов за 2019 г. была определена пассажироместимость (табл. 2). На основании этих данных можно исследовать загруженность терминала, планировать его работу и, по возможности, оптимизировать ее. Выполним выборку различных круизных и паромных судов, включая плановые графики судовых заходов на 2020 г. (табл. 2, рис. 3). В мае 2020 г. состоялось плановое открытие круиза на новом круизном судне Sky Princess.

**Список круизных судов, заходивших
в АО «Пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад» в навигацию 2019 г.**

Круизное судно	Причалы	Прибытие – Отправление	Пассажировместимость
AIDAprima	7	8:00 08.10.2019 – 20:00 08.10.2019	3400
Princess Anastasia	3	8:00 26.09.2019 – 18:00 27.09.2019	2500
Viking Jupiter	7	7:00 25.09.2019 – 18:00 26.09.2019	944
Sky Princess	7	6:30 01.05.2020 – 18:00 02.05.2020	4402



AIDAprima



Princess Maria



Viking Jupiter



Sky Princess

*Рис. 3. Морские круизные суда и паромы, заходящие
в «Пассажирский порт «Морской Фасад» с сентября по октябрь 2019 г.
(из открытого источника marinetraffic.com)*

Результаты моделирования оценки круиза на основе логистической функции. Объектом исследования на основании логистической функции является моделирование различных сценариев заполнения круизного судна, выбора круиза пассажирами. На основании моделирования были получены следующие графики. Временной период принимается одинаковым для фиксации различной скорости реакции общества, но круизный продукт. Теоретически используются одинаковые условия и постоянная экономическая ситуация на интервале кратковременного планирования.

Для оценки активности пассажиров необходимо выбрать интервалы для коэффициента пропорциональности $K = \{0,1; 0,3; 0,4; 0,7; 0,9; 1\}$. Предлагается ввести коэффициенты из табл. 3.

Таблица 3

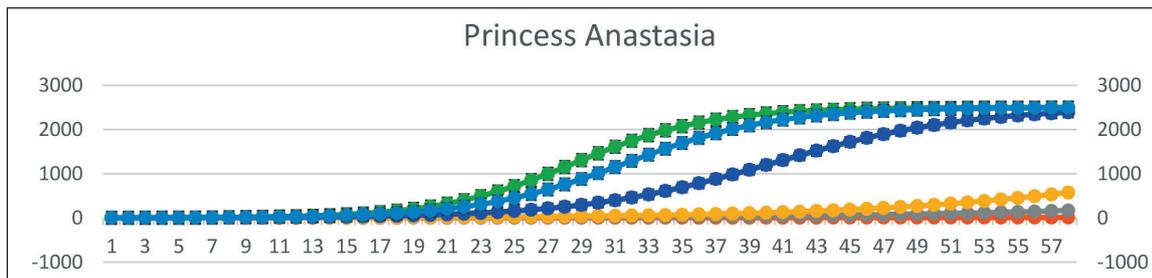
Соответствие коэффициентов пропорциональности характеристики среды общества

Диапазон изменений	Характеристика распределения информации в обществе. Характеристика стратегии поведения на рынке
$K \in [0-0,4]$	Информация о новом круизе распространяется медленно, без особых скачков в продвижении информации. Общество не очень заинтересовано в круизах или паромных перевозках
$K \in [0,4-0,6]$	Информация распространяется равномерно, также без особых скачков. За равные промежутки времени одинаковое количество новых круизных пакетов. В социуме имеется большое количество людей, заинтересованных в круизном продукте
$K \in [0,6-1]$	Круиз вызовет большую заинтересованность. Билеты на круиз будут проданы достаточно быстро. В обществе многие люди заинтересованы в круизном продукте

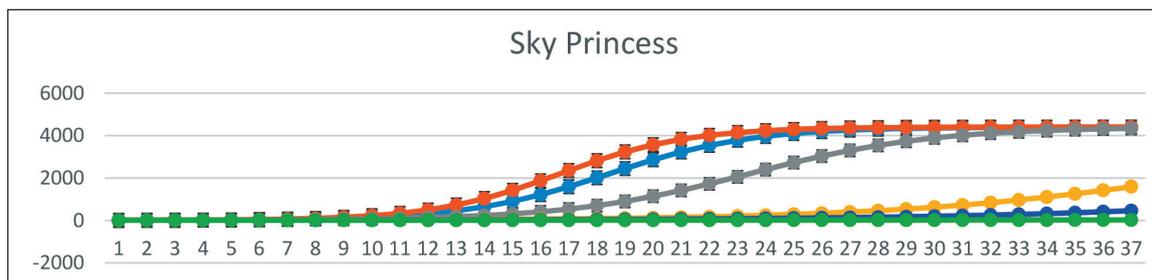
Получены следующие результаты моделирования:

1. Для паромного судна Princess Anastasia (рис. 4, а).
2. Для круизного судна Sky Princess (рис. 4, б)
3. Для круизного судна Viking Jupiter (рис. 4, в).

а)



б)



в)

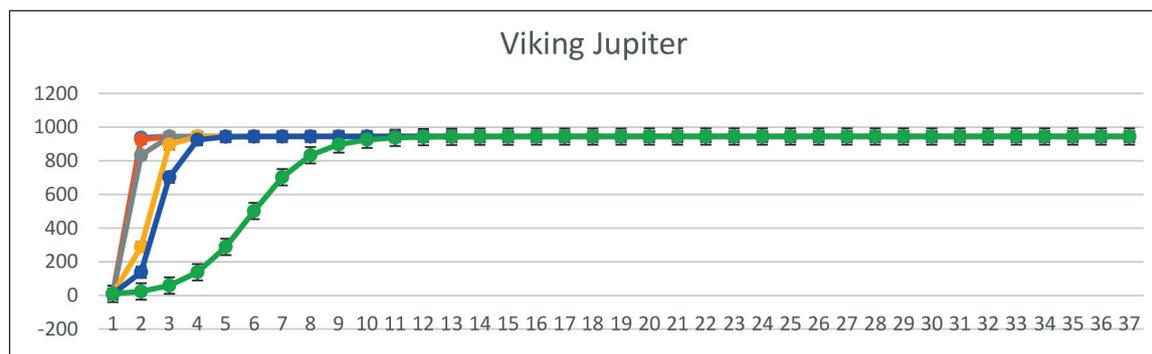


Рис. 4. Моделирование ситуации выбора паромного судна пассажирами и его заполнения при различных коэффициентах пропорциональности и оценки внешней среды:
 а — круизное судно Princess Anastasia; б — круизное судно Sky Princess;
 в — круизное судно Viking Jupiter

Рассмотрим, например, ситуацию, рассмотренную в официальном источнике [23], возникшую компании Norwegian Cruise Line, отменившей все круизные туры. Для туристов компанией предложены следующие варианты:

1. Сертификат Future Cruise Credit в размере 125 % возмещения стоимости проезда в виде будущего круиза. Кредит, который может быть применен к любому будущему круизу до 31 декабря 2022 г.

2. Туристам, не желающим использовать сертификат Future Cruise Credit, гарантирован возврат средств 100 % оплаченного тарифа в течение 90 дней после заполнения формы соответствующего запроса.

Подобные ситуации с отменой круизов можно достаточно оперативно включить в принятие решений по корректировке загрузки морского пассажирского порта. Если процесс выбора круиза представить в виде дискретной функции [24], выбрать отдельные дискретные значения, т. е. произвести фиксацию заполнения круизного судна в отдельные моменты времени, то можно определить скорость данного процесса, его динамику (рис. 5).

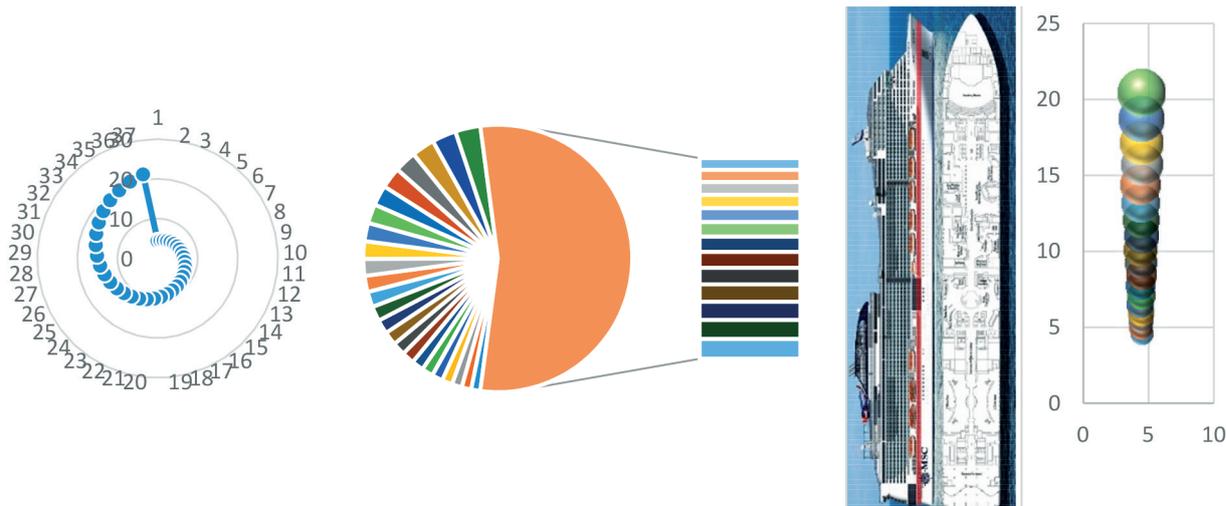


Рис. 5. Определение на основе логистической функции скорости заполнения круизного судна для круизного судна Sky Princess

Обсуждение (Discussion)

Необходимо отметить междисциплинарность возникшей проблемы, для решения которой потребовалось знание математических моделей и методов, особенностей рынка морских паромных перевозок, а также необходимость оценки инфраструктуры морского пассажирского порта, оценки мобильности и заинтересованности потенциальных пассажиров. С практической точки зрения имеет место большая сложность оценки влияния внешней среды, достаточно сложно спрогнозировать поведение общества и оценить выбор того или иного маршрута. Для привлечения пассажиров паромные и круизные компании используют различные маркетинговые и информационные приемы, которые относятся к экономическим задачам, однако данные модели не позволяют оценить процесс в динамике, а также описать и представить физическую сторону процесса. Даже анализируя опросные листы, к примеру, после круиза достаточно сложно спрогнозировать и определить, что данный маршрут будет иметь повторную привлекательность для пассажира. Поэтому необходимо переходить к области динамических моделей и функционального анализа процессов.

На основании проведенного исследования и моделирования выбранных круизов, можно сделать следующие выводы:

1. Круиз на судне Viking Jupite пользуется большим спросом. Круизный маршрут состоится, и при повторном выходе на рынок будет также пользоваться популярностью у пассажиров.

2. Ввиду большого количества пассажиров, желающих совершить круизные путешествия на судах Sky Princess и Princess Anastasia, необходимые документы заполняются в течение более продолжительного времени. При этом возникает вероятность негативного влияния внешней среды, при которой заполнение круизных судов будет неполным. В данном случае возникает вопрос об экономической эффективности маршрута.

3. Аналитические исследования производилось при одинаковых условиях, переменных и факторах влияния внешней среды.

Таким образом, актуальной в настоящее время является задача разработки новых моделей, которые необходимо использовать как независимо, так и в процессе принятия решений. Поэтому использование логистической функции является одним из возможных путей решения данной проблемы.

Выводы (Summary)

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. При прогнозировании и выводе нового круизного маршрута можно определить степень популярности у маршрута.

2. Поскольку результат представляет собой функцию времени, можно выполнить мониторинг и определить, в какой момент времени сколько потенциальных человек забронировало маршрут.

3. На основании логистической функции распределения информации в среде можно выбирать стратегии продвижения круизного продукта на рынке.

4. Можно выполнить моделирование различных состояний экономической системы региона.

5. Появляется возможность определения активности населения и его заинтересованности в новых круизных и паромных маршрутах.

6. На основании планового расписания судозаходов, можно внести корректировку с условием возможной отмены круиза.

7. Предложенным методом можно оценить эффективность логистических сервисов в сфере круизных и паромных перевозок.

8. Использование данного метода позволяет оценить влияние внешней среды на систему морских пассажирских портов и паромных компаний. На основе рассмотренной модели можно вносить корректировки в систему принятия решений, достигая при этом большей достоверности. Представленная модель справедлива для микро-, макро- и мезоуровней транспортного планирования, что подтверждено полученными результатами моделирования.

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. — Т. 10. — № 6. — С. 1299–1311. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1299-1311.

2. Baltic LINes: Shipping in the Baltic Sea – Past, present and future developments relevant for Maritime Spatial Planning. Project Report I. — 2016. — 35 p.

3. Cruise Europe. Port Handbook. — 2018 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cruiseeurope.com/> (дата обращения: 15.03.2020).

4. *Krile S.* Optimization Approach in Multi-stop Routing of Small Islands / S. Krile // *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie*. — 2018. — Nr. 54 (126). — Pp. 9–16. DOI: 10.17402/28.

5. *Mascaraque-Ramírez C.* Management of a Ferry Construction Project Using a Production-Oriented Design Methodology / C. Mascaraque-Ramírez, L. Para-González, P. Marco-Jornet // *Journal of Ship Production and Design*. — 2019. — Vol. 35. — Is. 4. — Pp. 309–316.

6. 2020 Cruise Industry 101 [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://www.cruiseindustrynews.com/pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

7. Passengers transported to/from main ports - Croatia - quarterly data [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=mar_pa_qm_hr&lang=en (дата обращения: 01.04.2020).

8. MSC Cruises объявила о планах строительства нового круизного терминала в порту Майами [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cruiseluxe.ru/news/12135/> (дата обращения: 15.04.2020).

9. *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. — Num. 2. — Pp. 89–99. DOI: 10.3727/154427306779435238.

10. Passenger Port of Saint-Petersburg “Marine Façade” [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.portspb.ru/> (дата обращения: 16.04.2020).

11. *Maivorov N. N.* Improvement of the quality of the sea passenger terminal based on methods of forecasting / N. N. Maivorov, V. A. Fetisov // *NAŠE MORE: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo*. — 2018. — Vol. 65. — No. 3. — Pp. 135–140. DOI: 10.17818/NM/2018/3.1.

12. *Wheelwright S.* Forecasting: methods and applications / S. Wheelwright, S. Makridakis, R. J. Hyndman. — John Wiley & Sons, 1998. — 656 p.

13. *Agarwal R.* Ship Scheduling and Network Design for Cargo Routing in Liner Shipping / R. Agarwal, O. Ergun // *Transportation Science*. — 2008. — Vol. 42. — Is. 2. — Pp. 175–196. DOI: 10.1287/trsc.1070.0205.

14. 11 круизных трендов 2019 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://inflatcruises.com/ru/news/view/news-cruise-trends-2019> (дата обращения: 10.02.2020).

15. Сольнищев Р. И. Модели и методы принятия проектных решений / Р. И. Сольнищев. — СПб.: ЛЭТИ, 2010. — 68 с.
16. Helbing D. Social force model for pedestrian dynamics / D. Helbing, P. Molnar // *Physical review E*. — 1995. — Vol. 51. — Is. 5. — Pp. 4282–4286. DOI:10.1103/PhysRevE.51.4282.
17. Ronald N. Pedestrian modelling: A comparative study using agent-based cellular automata / N. Ronald, M. Kirley // *International Conference on Computational Science*. — Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. — С. 248–255. DOI: 10.1007/11758532_35.
18. Vassalos D. A mesoscopic model for passenger evacuation in a virtual ship-sea environment and performance-based evaluation / D. Vassalos, H. Kim, G. Christiansen, J. Majumder // *Pedestrian and Evacuation Dynamics*. — Springer Netherlands, 2002. — Pp. 369–391.
19. Майоров Н. Н. Планирование работы морского пассажирского терминала на основе исследования интенсивностей заходов круизных судов / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология*. — 2019. — № 3. — С. 120–128. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-120-128.
20. Song D. W. Maritime logistics: a complete guide to effective shipping and port management / D. W. Song, P. Panayides. — Kogan Page, 2012. — 344 p.
21. Mulder J. Methods for strategic liner shipping network design / J. Mulder, R. Dekker // *European Journal of Operational Research*. — 2014. — Vol. 235. — Is. 2. — Pp. 367–377. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.09.041.
22. Rzadkowski G. A new approach to the logistic function with some applications / G. Rzadkowski, I. Głazewska, K. Sawińska // *Foundations of Management*. — 2014. — Vol. 6. — Is. 1. — Pp. 57–70.
23. News of Norwegian Cruise Line [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cruiseluxe.ru/news/12261/> (дата обращения: 15.04.2020).
24. Майоров Н. Н. Моделирование состояний морского терминала на основе дискретизации процессов / Н. Н. Майоров // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 20–29. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-20-29.

REFERENCES

1. Maiorov, Nikolai N. “Forecasting of the evolution of sea passenger terminals and network of ferry lines in the region of the Baltic sea”. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.6 (2018): 1299–1311. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1299-1311.
2. *Baltic LINES: Shipping in the Baltic Sea – Past, present and future developments relevant for Maritime Spatial Planning*. Project Report I. 2016.
3. *Cruise Europe. Port Handbook*. 2018. Web. 15 Mar. 2020 <<http://www.cruiseeurope.com/>>.
4. Krile, Srećko. “Optimization approach in multi-stop routing of small islands.” *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie* 54(126) (2018): 9–16. DOI: 10.17402/28.
5. Mascaraque-Ramírez, Carlos, Lorena Para-González, and Paloma Marco-Jornet. “Management of a Ferry Construction Project Using a Production-Oriented Design Methodology.” *Journal of Ship Production and Design* 35.4 (2019): 309–316.
6. 2020 Cruise Industry 101. Web. 15 Mar. 2020 <<https://www.cruiseindustrynews.com/pdf/>>.
7. Passengers transported to/from main ports - Croatia - quarterly data. Web. 1 Apr. 2020 <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=mar_pa_qm_hr&lang=en>.
8. MSC Cruises ob»yavila o planakh stroitel'stva novogo kruiznogo terminala v portu Maiami. Web. 15 Apr. 2020 <<http://www.cruiseluxe.ru/news/12135/>>.
9. 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.
10. Passenger Port of Saint-Petersburg “Marine Façade”. Web. 16 Apr. 2020 <<https://www.portspb.ru/>>.
11. Maiorov, N. N., and V. A. Fetisov. “Improvement of the quality of the sea passenger terminal based on methods of forecasting.” *NAŠE MORE: znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo* 65.3 (2018): 135–140. DOI: 10.17818/NM/2018/3.1.
12. Wheelwright, Steven, Spyros Makridakis, and Rob J. Hyndman. *Forecasting: methods and applications*. John Wiley & Sons, 1998.
13. Agarwal, Richa, and Özlem Ergun. “Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping.” *Transportation Science* 42.2 (2008): 175–196. DOI: 10.1287/trsc.1070.0205.

14. 11 cruise trends of 2019. Web. 10 Feb. 2020 <<https://inflatcruises.com/ru/news/view/news-cruise-trends-2019>>.
15. Sol'nitsev, R. I. *Modeli i metody prinyatiya proektnykh reshenii*. SPb.: LETI, 2010.
16. Helbing, Dirk, and Peter Molnar. "Social force model for pedestrian dynamics." *Physical review E* 51.5 (1995): 4282–4286. DOI:10.1103/PhysRevE.51.4282.
17. Ronald, Nicole, and Michael Kirley. "Pedestrian modelling: A comparative study using agent-based cellular automata." *International Conference on Computational Science*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. 248–255. DOI: 10.1007/11758532_35.
18. Vassalos, D., H. Kim, G. Christiansen, and J. Majumder. "A mesoscopic model for passenger evacuation in a virtual ship-sea environment and performance-based evaluation." *Pedestrian and Evacuation Dynamics*. Springer Netherlands, 2002. Pp. 369–391.
19. Maiorov, Nikolai Nikolaevich, and Vladimir Andreevich Fetisov. "Planning work of maritime passenger terminals in terms of intensity of cruise ships calls." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 3 (2019): 120–128. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-120-128.
20. Song, Dong-Wook, and Photis Panayides. *Maritime logistics: a complete guide to effective shipping and port management*. Kogan Page, 2012.
21. Mulder, Judith, and Rommert Dekker. "Methods for strategic liner shipping network design." *European Journal of Operational Research* 235.2 (2014): 367–377. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.09.041.
22. Rzakowski, Grzegorz, Iwona Głażewska, and Katarzyna Sawińska. "A new approach to the logistic function with some applications." *Foundations of Management* 6.1 (2014): 57–70.
23. News of Norwegian Cruise Line. Web. 15 Apr. 2020 <<http://www.cruiseluxe.ru/news/12261/>>.
24. Maiorov, Nikolai N. "Simulation of states of the marine terminal on the basis of discretization of processes." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 10.1 (2018): 20–29. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-20-29.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Майоров Николай Николаевич — кандидат 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

Фетисов Владимир Андреевич — доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» 190000, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А e-mail: Fetl@aanet.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maiorov, Nikolai N. — PhD, 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

Fetisov, Vladimir A. — Dr. of Technical Sciences, professor Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation 67/A Bol'shaya Morskaya Str., St. Petersburg, 190000, Russian Federation e-mail: Fetl@aanet.ru

Статья поступила в редакцию 12 июня 2020 г.
 Received: June 12, 2020.