

DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-683-691

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR A TELECOMMUNICATION AUTOMATED SYSTEM FOR ORGANIZING THE VESSEL TRAFFIC

V. V. Karetnikov, A. I. Menshikov, S. V. Rudikh

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

A continuation of research on the development of an automated telecommunication traffic routing system in the Svirsky district of hydraulic structures and shipping of the inland waterways Volga-Baltic basin is presented in the paper. The work is aimed at solving the problems assigned to the transport industry by the Government of the Russian Federation, with particular attention being paid to automation of the transport industry, as well as to the main forward-looking areas of information technology development and digitalization of the Russian Federation inland waterways. According to the direction of the Russian Government dated July 28, 2017 No. 1632-r, the program "Digital Economy of the Russian Federation" was adopted. The main principles of this program include the introduction of elements of the digital economy into the fleet, with special attention to the inland waterways. At the moment, Fedor V. Shishlakov, which is the head of the Volga-Balt Administration, notes the readiness to introduce automated systems based on electronic cartography methods. To solve the problems associated with the organization of ship traffic, the development and implementation of systems using the principles of queuing theory is proposed. The analysis of statistics on cargo turnover and ship lock operations is made; issues of increasing the capacity of the Nizhne-Svirsky lock are mentioned. When constructing algorithms for the queuing system functioning and developing abovementioned system, it is proposed to take into account the main operational characteristics of the transport fleet, inland waterways, and navigable hydraulic structures. Based on the analysis of statistical data, the irregularities of the passage on the Volga-Baltic waterway are determined, which is also proposed to be taken into account in the calculations related to the characteristics and elements of queuing theory. The values of the queuing theory elements are calculated. The basic principles of construction and operation of the electronic queue are used in the work.

Keywords: Volga-Baltic basin, queuing theory, digitalization, information technology, vessel traffic system.

For citation:

Karetnikov, Vladimir V., Aleksandr I. Menshikov, and Sergey V. Rudy'kh. "Development of algorithms for a telecommunication automated system for organizing the vessel traffic." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 12.4 (2020): 683–691. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-683-691.

УДК 528.088

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ

В. В. Каретников, А. И. Меншиков, С. В. Рудых

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Данная работа является продолжением исследований по разработке телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения судов в Свирском районе гидросооружений и судоходства Волго-Балтийского бассейна внутренних водных путей. Предлагаемое исследование направлено на решение задач, сформулированных для транспортной отрасли Правительством РФ, при этом особое внимание уделено вопросам автоматизации транспортной отрасли, а также основным перспективным направлениям развития информационных технологий и цифровизации внутренних водных путей РФ. Согласно Распоряжению Правительства России от 28.07.2017 № 1632-р, принята программа «Цифровая экономика Российской Федерации», к основным принципам которой относится внедрение элементов цифровой экономики в работу флота, при этом особое внимание уделяется внутренним водным путям.

Для решения задач, связанных с организацией движения судов, предлагается разработка и внедрение систем, использующих принципы теории массового обслуживания и теории очередей. Выполнен анализ статистики грузооборота и операций по шлюзованию судов, затронуты вопросы повышения пропускной способности Нижнесвирского шлюза. При построении алгоритмов функционирования системы массового обслуживания и разработке ТАСОД предлагается учитывать основные эксплуатационные характеристики внутренних водных путей, судоходных гидротехнических сооружений и транспортного флота. На основе анализа статистических данных определены неравномерности судопропуска на Волго-Балтийском водном пути, что также предлагается учитывать в расчетах, связанных с характеристиками и элементами систем массового обслуживания, также выполнен расчет значений элементов теории массового обслуживания. Для обеспечения телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения судов в работе использованы базовые принципы построения и функционирования электронной очереди.

Ключевые слова: Волго-Балтийский бассейн, теория массового обслуживания, цифровизация, инновационные технологии, система организации движения.

Для цитирования:

Каретников В. В. Исследование вопросов разработки алгоритмов функционирования телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения судов / В. В. Каретников, А. И. Меншиков, С. В. Рудых // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 4. — С. 683–691. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-683-691.

Введение (Introduction)

Начиная с 2017 г. особое внимание уделяется вопросу внедрения информационных технологий и повышению уровня цифровизации в Российской Федерации. В частности, в 2018 г. на Петербургском международном экономическом форуме (ПМЭФ–2018) было заявлено о необходимости цифровизации транспортной отрасли. Там же, в присутствии министра транспорта РФ, было подписано соглашение о создании ассоциации «Цифровой транспорт и логистика»¹, главной целью которой является создание и развитие единого мультимодального цифрового транспортного и логистического пространства на всей территории Российской Федерации в интересах участников транспортного рынка и развития логистики на основе новых цифровых технологий, включая инновационные отечественные разработки и современное программное обеспечение.

В 2018 г. на конференции «Морской и речной транспорт — системный элемент магистральной инфраструктуры», отмечалось, что для повышения эффективности использования и конкурентоспособности водного транспорта отрасли будут выделены достаточные инвестиции. Поскольку водный транспорт является для России перспективным направлением развития, особое внимание следует уделить инновационным цифровым технологиям и платформам, что позволит системе оставаться прозрачной и доступной.

В выступлении на XII Международном форуме «Транспорт России»² министр транспорта РФ Е. И. Дитрих отметил, что три из девяти федеральных проектов комплексного плана модернизации инфраструктуры касаются проблематики водного транспорта. Помощник Президента РФ И. Е. Левитин указал, что одним из инвестиционно-привлекательных проектов является развитие внутренних водных путей (ВВП), однако это предполагает долговременные инвестиции сроком 10–15 лет, поэтому необходима уверенность в их конкурентоспособности. На форуме деловой программы Riverport «Евро-2019» были определены актуальные вопросы стратегического развития ВВП РФ, их инвестиционные стратегии развития и приоритетные проекты. Особенно следует отметить обсуждение вопроса цифровизации и автоматизации управления движением на ВВП [1].

В настоящее время представители наиболее передовых администраций бассейнов ВВП РФ заявляют о своей готовности к внедрению цифровых автоматизированных систем. Ранее изложенное свидетельствует об актуальности внедрения элементов цифровой экономики в работу внутреннего водного транспорта (ВВТ) и инфраструктуру ВВП. На ВВП, особенно в шлюзованных

¹ Морской и речной транспорт — системный элемент магистральной инфраструктуры [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rus-shipping.ru/ru/stats/?id=783&print=1> (дата обращения: 10.01.2020).

² XII Международный форум и выставка «Транспорт России» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mintrans.ru/press-center/news/8930> (дата обращения: 10.01.2020).

системах, для обеспечения эффективного транспортного процесса ключевая роль отводится *диспетчерскому регулированию движения флота*. При этом на персонал диспетчерской службы возложена большая ответственность за принятие решений, связанных с обеспечением безопасности движения судов, что при значительном судообороте создает существенное психоэмоциональное давление, способствующее негативному воздействию на человека. Предложенная в исследовании [2] телекоммуникационная автоматизированная система организации движения судов поможет снизить нагрузку на диспетчеров и в существенной мере снизить влияние неблагоприятных факторов. Следует отметить, что в настоящее время габариты судового хода на основной трассе позволяют беспрепятственно осуществлять проход судов с осадкой 360 см, а в многоводные годы — даже с повышенной осадкой.

Установлены следующие плановые сроки начала действия шлюзов и средств навигационного оборудования (СНО) на Волго-Балтийском водном пути: начало — 30 апреля, окончание — 15 ноября. В случае благоприятных погодных условий и заинтересованности судовладельцев работа шлюзов и действие СНО может начинаться ранее плановой даты начала и заканчиваться после плановой даты окончания. Согласно имеющейся статистике, в навигацию 2018 г. объем грузоперевозок по ВВП Волго-Балта составил 16,2 млн т. В 2018 г. для прохода пассажирских судов пр. 301 и 302 были обеспечены габариты судового хода на р. Волхов (от устья до г. Старая Ладога), где начало эксплуатации нового пассажирского причала благоприятным образом отразилось на увеличении пассажирских перевозок. Так, причал в Старой Ладоге, сразу став востребованным для захода пассажирских круизных судов, принял в навигацию 2018 г. принял более 7 тыс. пассажиров.

В 2019 г. судопропуск на Волго-Балтийском водном пути начался 30 апреля и завершился 19 ноября, было выполнено 19,5 тыс. рейсов судов, которые обеспечили перевозку 15,8 млн т грузов и 349 тыс. пассажиров. Для обеспечения безопасности судоходства на водных путях Волго-Балта в 2019 г. обслуживалось 2182 плавучих и 2390 береговых СНО. В 2019 г. шлюзы Волго-Балтийского канала произвели 35095 шлюзований, пропустив 62162 судов [3]. Таким образом, на основании ранее изложенного можно сделать вывод о том, что создание систем электронной очереди в Волго-Балтийском бассейне представляется весьма актуальной научной задачей, решение которой может быть основано на алгоритмах теории массового обслуживания.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Для организации движения, функционирующего на основе алгоритмов теории массового обслуживания, необходимо определить следующие характеристики на основании данных табл. 1:

- входной (входящий) поток заявок (средняя интенсивность поступления заявок в статистическую модель);
- механизм обслуживания (количество заявок, которые могут обслуживаться одновременно и распределение длительности обслуживания).
- дисциплина обслуживания (порядок выбора заявки на обслуживание).

Таблица 1

Обозначение терминов теории массового обслуживания

Термин	Обозначение
1. Количество каналов обслуживания	n
2. Интенсивность входящего потока заявок	λ
3. Интенсивность потока обслуженных заявок, выходящего из одного канала	μ
4. Приведенная интенсивность потока заявок	ρ
5. Абсолютная пропускная способность системы массового обслуживания (СМО)	A
6. Относительная пропускная способность СМО	q

Входной (входящий) поток заявок. Для того, чтобы определить входной поток, необходимо установить вероятностный закон, задающий последовательность поступления требований на обслуживание, а также установить количество этих требований в каждом поступлении. Как правило, при этом используется понятие «вероятностное распределение моментов поступления требований». Существуют единичные и групповые требования. Под групповыми требованиями обычно понимают систему обслуживания с параллельно-групповым обслуживанием.

Для описания потока заявок в общем случае необходимо задать:

$T = t_k - t_{k-1}$ — интервалы времени между соседними моментами t_{k-1} и t_k поступления заявок с порядковыми номерами $k - 1$ и k соответственно ($k = 1, 2, \dots$; $t_0 = 0$ — начальный момент времени);

$\lambda(t)$ — интенсивность потока заявок (количество заявок, поступивших в единицу времени);

$1/\mu$ — среднее время обслуживания одной заявки [4].

Согласно расчетам, выполненным начальником отдела диспетчерского регулирования Вытегорского района гидросооружений ФБУ «Администрация «Волго-Балт» А. В. Армеевым в 2010 г., среднесуточное время судопропуска за июнь составило в среднем 15 ч 30 мин, среднее время простоев шлюзованных систем в ожидании судопропуска — 7 ч 8 мин. В августе среднесуточное время судопропуска составило 18 ч 50 мин, а среднее время простоев — 3 ч 50 мин соответственно. Аналогично рассчитана статистика по холостым шлюзованиям при отсутствии встречных судов — 40–50 мин. Такое же значение было получено при пропуске пассажирских судов. Время на профилактику шлюзов составило 10–15 мин. В случае иных причин простоев получено значение 20–30 мин [5].

Для определения величины интенсивности потока заявок $\lambda(t)$ за 1 ч выполним расчет на примере ранее приведенных данных согласно формуле продолжительности одиночного шлюзования в однокамерном шлюзе:

$$t_{\text{шл}} = t_{\text{вв}} + t_{\text{ТО}} + t_{\text{вд}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{вв}}$ — продолжительность ввода судна в камеру шлюза, мин;

$t_{\text{ТО}}$ — технические операции в камере (открытие-закрытие ворот, швартовка-отшвартовка, наполнение-опорожнение камеры), мин;

$t_{\text{вд}}$ — продолжительность вывода судна из камеры шлюза, мин.

Время ввода судов в шлюз и вывода из него определяется в зависимости от скорости и длины пути их движения. Продолжительность технических операций при шлюзовании одиночного судна (состава) в камере шлюза практически не зависит от типа судна. Среднее значение для Единой глубоководной системы европейской части России составляет 16–18 мин¹, к этому времени необходимо добавить время учалки судна — $t_{\text{уч}} = 2$ мин. Продолжительность *ввода – вывода* зависит от способа судопропуска (односторонний или двухсторонний), характеристик самого шлюза и шлюзуемых объектов [6]. Для выполнения расчетов времени шлюзования рекомендуется использовать значения, приведенные в табл. 2 согласно СНиП 2.06.07–87.

Расчет выполнен на примере камеры Нижнесвирского шлюза:

$$t_{\text{вв}} = \frac{1,4L_{c,ef}}{V_{\text{вв}}}; \quad (2)$$

$$t_{\text{вд}} = \frac{1,1L_{c,ef}}{V_{\text{вд}}}, \quad (3)$$

где $L_{c,ef}$ — полезная длина камеры (для Нижнесвирского шлюза $L_{c,ef} = 198$ м);

$V_{\text{вв}}$ и $V_{\text{вд}}$ — соответственно скорость ввода и вывода шлюзуемого судна в камеру; принимается согласно СНиП 2.06.07–87.

¹ Гладков Г. Л. Водные пути и гидротехнические сооружения [Текст]: учебник для вузов / Г. Л. Гладков [и др.]. СПб.: ФГОУ ВПО СПГУВК, 2011. С. 391.

Таблица 2

**Средние скорости движения судов на внутренних водных путях
в шлюзе и на подходах к нему**

Шлюзуемый объект	Средняя скорость движения, м/с		
	Вход	Выход	Переход из одной камеры в другую
Скоростные суда	2,0	3,0	1,50
Самоходные суда	1,0	1,4	0,75
Толкаемые составы	0,9	1,2	0,75
Буксируемые составы	0,7	1,0	0,60
Плоты	0,6	0,6	0,50

Для выполнения расчета выберем характеристики наиболее распространенного шлюзуемого объекта Нижнесвирского шлюза — самоходного судна:

$$t_{\text{вв}} = \frac{1,4 \cdot 198}{1} = 277 \text{ с} = 4,6 \text{ мин};$$

$$t_{\text{вд}} = \frac{1,1 \cdot 198}{1,4} = 155 \text{ с} = 2,6 \text{ мин.}$$

Согласно выполненному расчету, общее время шлюзования одиночного самоходного судна может варьироваться в пределах 25–27 мин. В соответствии с проектными характеристиками Нижнесвирского шлюза, время наполнения камеры составляет 9,5 мин, время опорожнения — 9,3 мин. Согласно круизному информационному агентству [7], общее время шлюзования одного судна составляет приблизительно 28 мин, двух — приблизительно 34 мин. В шлюзах № 1–6 Волго-Балтийского канала, среднее число судов в шлюзуемой группе составляет 1,80–1,86 ед., в Нижнесвирском шлюзе — 1,20–1,28 ед. [8]. Необходимо рассчитать среднее время шлюзования на единицу судна с учетом среднего числа судов в шлюзуемой группе. Значение составляет 25 мин. При средней загруженности шлюза 15 ч 30 мин/сут в июле и 18 ч 50 мин/сут в августе получим среднюю загруженность, равную 1030 мин/сут. Полученную величину следует разделить на среднее время шлюзования, необходимое для одного судна $m = 41$ судно/сут, где m — количество судов/сут. Иными словами, заявка поступает каждые 35 мин, следовательно, $\lambda(t) = 1,7$.

Согласно теории массового обслуживания, в одноканальной системе (шлюз, причал) простои заявок на обслуживание значительно возрастают при превышении загруженности системы обслуживания значения 50 % ($>0,5$), а при значении $> 0,8$ начинается обвальное увеличение времени ожидания обслуживания. Зависимость коэффициента ожидания шлюзования от степени занятости шлюзов ВБВП (Нижнесвирского и шлюзов № 1 и 6 Северного склона), а также теоретическая кривая приведены в источнике [8].

Механизм обслуживания. Анализ статистики равномерности подхода судов к шлюзам Волго-Балтийского канала, свидетельствует о различных результатах. Так, начальник отдела диспетчерского регулирования Вытегорского района А. В. Армеев рассчитал коэффициент неравномерности подхода судов, который составил $\varphi = 1,349$, а согласно СНиП 2.06.07–87, в проектных расчетах обычно принимают $\varphi = 1,3$.

Среднесуточный грузооборот в наиболее напряженный период навигации по каждому виду перевозок определяется как отношение навигационного грузооборота к длительности навигации, сут, умноженное на коэффициент неравномерности подхода судов и плотов к шлюзам, принимаемый по данным анализа проектируемого грузооборота. При отсутствии таких данных коэффициент неравномерности допускается принимать: для судов — 1,3; для плотов — 1,7.

Неравномерность перевозок по времени определяется коэффициентом неравномерности ($K_{\text{нер}}^{\text{вр}}$), рассчитываемым в виде следующих отношений:

– максимального месячного объема перевозок к среднемесячному за год:

$$K_{\text{нер}}^{\text{вр}} = \frac{\sum P_{\text{мес}}^{\text{max}}}{\sum P_{\text{мес}}}; \quad (4)$$

– объема перевозок каждого месяца к среднемесячному:

$$K_{\text{нер}}^{\text{вр}} = \frac{\sum P_t}{\sum P}; \quad (5)$$

– максимального месячного объема перевозок к минимальному:

$$K_{\text{нер}}^{\text{вр}} = \frac{\sum P_{\text{max}}}{\sum P_{\text{min}}}. \quad (6)$$

Коэффициенты неравномерности, вычисленные по формулам (4) и (6), обычно больше единицы и только в случаях идеальной равномерности могут быть равны единице. Коэффициент неравномерности, вычисленный по формуле (5), также называется *индексом сезонности* и может быть как больше, так и меньше единицы.

Судоходные шлюзы на р. Свирь являются однокамерными односторонними, поэтому число каналов обслуживания n предлагается принять равным единице. С другой стороны, поскольку допускается вариант совместного шлюзования судов, необходимо задать параметр требуемого пространства канала обслуживания n для судов в зависимости от их типа и размера. Варианты шлюзований рассчитаны на примере Нижнесвирского шлюза, полезные габариты камеры: длина 198 м, ширина 21,5 м.

Существуют три варианта размещения судов в камере шлюза: поочередный, траверзный и смешанный. При траверзном варианте шлюзования (рис. 1) сухогрузные суда могут быть поставлены в камере на траверзе танкера при условии, что интервал между их бортами будет не менее 1 м. Это, согласно информации о размерах судов, даст возможность полезную ширину до 20,5 м. Данная ширина не позволит шлюзоваться этим способом ни одной комбинацией судов, приведенных в табл. 3, поэтому предлагается использовать поочередный вариант шлюзования (рис. 2).

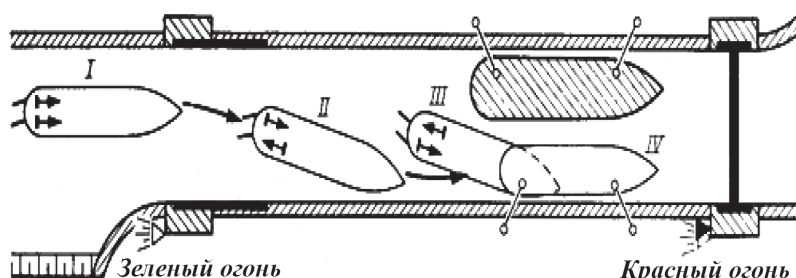


Рис. 1. Схема размещения судна в камере шлюза на траверзе

Таблица 3

**Габаритные характеристики сухогрузных судов,
используемых для перевозок в Северо-Западном регионе**

Параметры	Проекты судов								
	Волго-Балт	Балтийский	Волго-Дон	RSD49	Русич	Омский	СТ	СТК	RSD54
Длина наибольшая, м	114	95	138,3	139,95	128,2	108,4	86,7	82	115
Ширина габаритная, м	13,2	13,2	16,7	16,50	16,74	15	12	11,9	16,5
Осадка	3,6	3,4	3,6	3,6	3,6	3,3	3	3,18	3,6

Для удобства расчетов предлагается ввести коэффициент заполненности канала (КЗК) по длине. При этом КЗК определяется как отношение длины судна к полезной длине камеры шлю-

за. Например, в случае размещения судна длиной 114 м КЗК будет рассчитан следующим образом: $114 \text{ м} / 198 \text{ м} = 0,58$. Соответственно судно, с которым шлюзуется первое судно, должно иметь коэффициент не более 0,32.

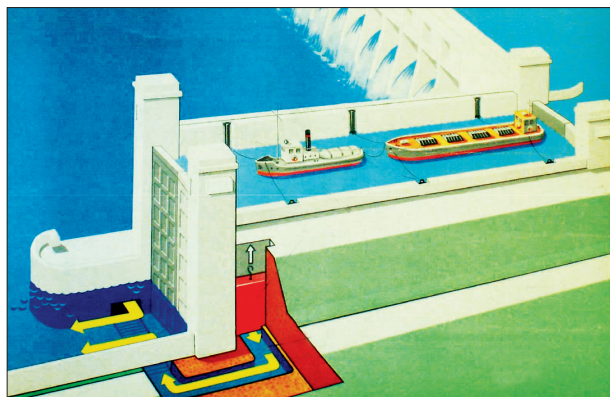


Рис. 2. Схема размещения судна в камере шлюза поочередно

Результаты (Results)

Дисциплина обслуживания для телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения, исходя из характеристик Нижнесвирского шлюза, будет определена как одно-канальная СМО с ожиданием (очередью). Заявка в данной системе, поступившая, когда канал занят, становится в очередь до момента освобождения канала. Когда канал освобождается, одна из заявок, стоящих в очереди, принимается к обслуживанию [9], [10]. Определение критериев для формирования электронной очереди судов на подходе к шлюзу выполняется в соответствии с исследованием [11]. При совместном шлюзовании необходимо, чтобы первыми были размещены и пришвартованы нефтеналивные самоходные суда. Сухогрузные суда в случае варианта траверзного размещения могут быть поставлены в камере шлюза на траверзе нефтеналивного самоходного судна при условии, что интервал между их бортами будет не менее 1 м. Пассажирские скоростные суда должны размещаться в камере шлюза последними.

Обсуждение (Discussion)

Данная работа является продолжением исследований [2] и [11] по созданию телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения судов. Согласно данным источников [1], [3], а также результатам актуальных в 2018–2019 гг. конференций и тематических докладов, отмечается существенный интерес как правительства Российской Федерации, администраций, так и компаний, изъявляющих желание инвестировать в информационные технологии существенные ресурсы. Таким образом, для создания системы необходимо решить следующие важные научные задачи:

- организация движения судов на подходе к шлюзам;
- наполнение шлюзовой камеры (очередность подхода судов к шлюзу, расположение в камере).

В данной работе показаны эффективные способы решения этих задач, которые можно учесть при организации управления движением на подходе к Нижне-Свирскому шлюзу.

Выводы (Summary)

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Внедрение телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения судов [2], [11]–[14] позволит улучшить координацию судоходства, увеличить пропускную способность и повысить уровень безопасности на ВВП, что, в свою очередь, позволит создать предпосылки для внедрения элементов цифровой экономики в транспортной отрасли.
2. Следует установить необходимые критерии для формирования электронной очереди судов на подходе к шлюзу.

3. Важно определить на определенном участке пути (до подхода судна непосредственно к шлюзу) тип судна. Это позволит подобрать системе наиболее эффективный метод шлюзования.

4. Система организации движения судов должна получать данные о размерах судна (длина, ширина) и его скоростных характеристиках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ряпенко А. И. Развитие цифровой экономики в России и национальная безопасность / А. И. Ряпенко, А. А. Федоренко, Е. П. Ливкина // StudNet. — 2020. — Т. 3. — № 8. — С. 566–574.
2. Васин А. В. К вопросу создания телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения на внутренних водных путях / А. В. Васин, В. В. Каретников, А. И. Меншиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 870–879. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-870-879.
3. Завершена навигация-2019 на основной трассе Волго-Балта [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://portnews.ru/news/287638/> (дата обращения: 16.01.2020).
4. Ross S. M. 8 – Queueing Theory / S.M. Ross // Introduction to Probability Models (Twelfth edition). — Elsevier Inc., 2019. — Pp. 507–589. DOI: 10.1016/b978-0-12-814346-9.00013-5.
5. Поиск экономических резервов ведет ГБУ «Волго-Балт» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.rus-shipping.ru/ru/stats/?id=40> (дата обращения: 17.02.2020).
6. Бондаренко А. В. Методика выбора оптимального состава буксирного обеспечения порта / А. В. Бондаренко, В. А. Некрасов, А. П. Ястреба // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 4(32). — С. 43–52.
7. Нижнесвирский шлюз [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cruiseinform.ru/places/nizhne-svirskiy-gidrouzel/shlyuz-nizhne-svirskoy-ges/> (дата обращения: 04.02.2020).
8. Шишкин А. А. Повышение эффективности использования флота в шлюзованных системах: диссертация канд. техн. наук: 05.22.19 / Александр Алексеевич Шишкин [Место защиты: Волж. гос. акад. вод. трансп.]. — Н. Новгород, 2011. — 139 с.
9. Толстых Н. Д. Система массового обслуживания, ее основные принципы и понятия / Н. Д. Толстых, С. А. Учватов // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. — 2015. — № 6. — С. 39.
10. Евдонин Г. А. Моделирование систем массового обслуживания с взаимопомощью каналов (на примере телекоммуникационной компании) / Г. А. Евдонин, Е. Н. Попова, Е. И. Тагильцева // Управленческое консультирование. — 2013. — № 1 (49). — С. 109–114.
11. Каретников В. В. Некоторые аспекты создания телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения судов на внутренних водных путях / В. В. Каретников, А. И. Меншиков, С. В. Рудых // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 2. — С. 222–229. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-222-229.
12. Васин А. В. Моделирование оптимальной конфигурации морского порта / А. В. Васин, Д. С. Захаров, Л. В. Анненков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 4. — С. 662–669. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-662-669.
13. Kim K. I. Context-Aware Information Provisioning for Vessel Traffic Service Using Rule-Based and Deep Learning Techniques / K. I. Kim, K. M. Lee // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. — 2018. — Vol. 18. — Is. 1. — Pp. 13–19. DOI: 10.5391/ijfis.2018.18.1.13.
14. Karetnikov V. Tasks of developing the aquatory for testing autonomus ships in inland waterways / V. Karetnikov, G. Chistyakov, E. Ol'khovik // E3S Web of Conferences. — EDP Sciences, 2020. — Vol. 157. — Pp. 02010. DOI: 10.1051/e3sconf/202015702010.

REFERENCES

1. Ryapenko, A. I., A. A. Fedorenko, and E. P. Livkina. “Digital economy development in Russia and national security.” *StudNet* 3.8 (2020): 566–574.
2. Vasin, Andrey V., Vladimir V. Karetnikov, and Aleksandr I. Menshikov. “Creation of automated telecommunication traffic routing system on inland waterways.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.4 (2018): 870–879. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4- 870-879.
3. Zavershena navigatsiya-2019 na osnovnoi trasse Volgo-Balta. Web. 16 Jan. 2020 <<https://portnews.ru/news/287638/>>.

4. Ross, Sheldon M. "8 – Queueing Theory." *Introduction to Probability Models (Twelfth edition)*. Elsevier Inc., 2019. 507–589. DOI: 10.1016/b978-0-12-814346-9.00013-5.
5. Poisk ekonomicheskikh rezervov vedet GBU «Volgo-Balt». Web. 17 Feb. 2020 <<https://www.rus-shipping.ru/ru/stats/?id=40>>.
6. Bondarenko, A. V., V. A. Nekrasov, and A. P. Yastreba. "Methodology of selection of optimal structure of the fleet harbour tug." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 4(32) (2015): 43–52.
7. Nizhnesvirskii shlyuz. Web. 4 Feb. 2020 <<http://cruiseinform.ru/places/nizhne-svirskiy-gidrouzel/shlyuz-nizhne-svirskoy-ges/>>.
8. Shishkin, A. A. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya flota v shlyuzovannykh sistemakh. PhD diss. Nizhnii Novgorod, 2011.
9. Tolstykh, Nikita Denisovich, and Sergey Andreevich Uchvatov. "System of mass service, its basic principles and concepts." *APRIORI. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* 6 (2015): 39.
10. Evdonin, Guennady Aleksandrovich, Ekaterina Nikolaevna Popova, and Elena Igorevna Tagiltseva. "Modeling of system of mass service with mutual aid of channels (on the example of the telecommunication company)." *Administrative Consulting* 1(49) (2013): 109–114.
11. Karetnikov, Vladimir V., Aleksandr I. Menshikov, and Sergey V. Rudy'kh. "Some aspects of creating a telecommunication automated system for organizing the vessels traffic on inland waterways." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.2 (2019): 222–229. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-222-229.
12. Vasin, Andrei V., Dmitrii S. Zakharov, and Leonid V. Annenkov. "Modeling the optimal seaport configuration." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.4 (2019): 662–669. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-662-669.
13. Kim, Kwang-Il, and Keon Myung Lee. "Context-aware information provisioning for vessel traffic service using rule-based and deep learning techniques." *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems* 18.1 (2018): 13–19. DOI: 10.5391/ijfis.2018.18.1.13.
14. Karetnikov, Vladimir, Gleb Chistyakov, and Evgeniy Ol'khovik. "Tasks of developing the aquatory for testing autonomus ships in inland waterways." *E3S Web of Conferences*. Vol. 157. EDP Sciences, 2020. 2010. DOI: 10.1051/e3sconf/202015702010.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Каретников Владимир Владимирович — доктор технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_svpv@gumrf.ru,
spguwc-karetnikov@yandex.ru
Меншиков Александр Игоревич — аспирант
Научный руководитель:
Каретников Владимир Владимирович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
e-mail: gogashe@yandex.ru
Рудых Сергей Витальевич — доктор технических наук
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
e-mail: kaf_svpv@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Karetnikov, Vladimir V. — Dr. of Technical Sciences, associate professor
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035, Russian Federation
e-mail: kaf_svpv@gumrf.ru,
spguwc-karetnikov@yandex.ru
Menshikov, Aleksandr I. — Postgraduate Supervisor:
Karetnikov, Vladimir V.
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation
e-mail: gogashe@yandex.ru
Rudy'kh, Sergey V. — Dr. of Technical Sciences
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str. St. Petersburg 198035, Russian Federation
e-mail: kaf_svpv@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 17 июля 2020 г.
Received: July 17, 2020.