

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi70.234

Обоснование главных размерений тримарана из условия пассажировместимости в задачах исследовательского проектирования

А.Э. Корепанов¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0894-0799>

Е.П. Роннов¹

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. В статье приводится исследование зависимости между пассажировместимостью и главными размерениями пассажирских судов-тримаранов. Состояние данного вопроса на сегодня недостаточно изучено т.к. нет методики, позволяющей определить, какими будут главные размерения центрального корпуса и аутригеров и их расположении относительно друг друга по длине и ширине судна в зависимости от необходимого размещения пассажиров на судне. Областью исследования является проектирование судов, в частности – проектирование пассажирских судов-тримаранов, а объектом является определение главных размерений судна-тримарана из условия обеспечения пассажировместимости. В статье отражены архитектурно-конструктивные особенности судна-тримарана в зависимости от расположения на нем аутригеров. На основании анализа данных получены зависимости для определения главных размерений корпуса тримарана исходя из расположения на нем заданного числа пассажиров.

Ключевые слова: судно-тримаран, аутригеры, пассажировместимость, размерения судна, площадь пассажирского салона, уровень комфортабельности, площадь занимаемая пассажирскими креслами.

Substantiation of the trimaran main dimensions from the passenger capacity condition in the research design tasks

Alexey E. Korepanov¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0894-0799>

Evgeniy P. Ronnov¹

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The article presents a study of the relationship between passenger capacity and the main dimensions of the passenger vessels-trimarans. The state of this issue has not been sufficiently studied today because there is no methodology to determine what the main dimensions of the central hull and outriggers will be and their location relative to each other along the length and the width of the vessel, depending on the necessary passenger accommodation on the vessel. The field of research is the design of ships, in particular the design of the passenger trimaran vessels, and the object is to determine the main dimensions of the trimaran vessel from the conditions of passenger capacity. The article reflects the architectural and design features of the trimaran vessel, depending on the location of outriggers on the vessel. Based on the data analysis, dependencies were obtained to determine the main dimensions of the trimaran hull based on the location of a given number of passengers on the vessel.

Keywords: trimaran vessel, outriggers, passenger capacity, dimensions of the vessel, passenger compartment area, comfort level, passenger seats' area.

Введение

Одним из основных вопросов для скоростных пассажирских судов-тримаранов является обоснование их главных размеров из условия размещения необходимого количества пассажиров [1]. При решении этой задачи необходимо учитывать как архитектурно-конструктивные особенности тримаранов [2], [3], так и возможные варианты оптимального расположения пассажирских мест в пассажирском салоне [4]-[6].

Архитектурно-конструктивные особенности тримарана прежде всего связаны с наличием аутригеров [7], которые могут различно располагаться относительно центрального корпуса как по длине, так и по ширине судна (см. рис. 1), что влияет на расположение пассажирского салона и его размеры.

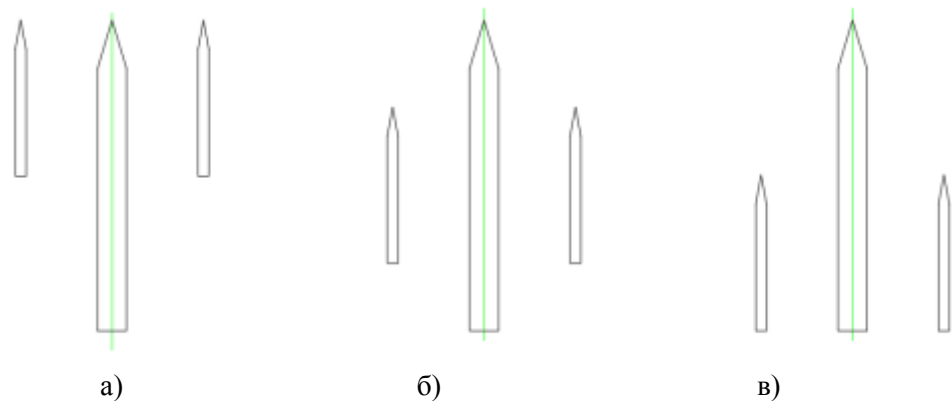


Рис. 1. Схема возможного расположения аутригеров относительно центрального корпуса тримарана: а) носовое; б) центральное; в) кормовое

При большой пассажировместимости эти суда могут иметь двухъярусную надстройку [8], [9]. Размещение пассажиров, как правило, производится в общих пассажирских салонах с предоставлением места для сидения [10], [11]. Это обусловлено тем, что скоростные пассажирские суда работают на сравнительно коротких линиях, обслуживая так называемых «деловых» пассажиров [12]-[14].

В настоящее время отсутствует методика, позволяющая определять главные размерения тримарана в зависимости от заданной пассажировместимости при различном расположении аутригеров относительно центрального корпуса, принимаемого из условия обеспечения надлежащего уровня мореходных качеств судна.

Методы и результаты

Преимуществом судов-тримаранов является их большая (общая) площадь палуб S_0 .

У тримаранов с одноярусной надстройкой общая площадь палуб S_0 включает в себя площадь надстройки S_n и служебную $S_{сл}$:

$$S_0 = S_n + S_{сл} \quad (1)$$

Служебная площадь состоит из площади для размещения судовых устройств, палубных механизмов и палубных пространств необходимых для обслуживания данных устройств и перемещения пассажиров:

$$S_{сл} = S_{су} + S_M + S_{пп} \quad (2)$$

где, $S_{су}$ – площадь судовых устройств;

S_M – площадь палубных механизмов;

$S_{пп}$ – площадь палубных пространств.

Площадь надстройки S_n используется для размещения в пассажирском салоне пассажиров, экипажа, а также служебных помещений:

$$S_n = S_{пс} + S_э + S_{сн} \quad (3)$$

где, $S_{пс}$ – площадь пассажирского салона;

$S_э$ – площадь для размещения экипажа;

$S_{сн}$ – площадь служебных помещений расположенных в надстройке.

В пассажирском салоне наряду с пассажирскими креслами предусматривается багажное отделение, санитарно-гигиенические помещения, буфет. Тогда площадь пассажирского салона $S_{пс}$ [15], [16] составит следующую сумму площадей:

$$S_{пс} = S_n + S_{бo} + S_{сг} + S_б \quad (4)$$

где, S_n – площадь для размещения пассажиров;

$S_{бo}$ – площадь багажного отделения;

$S_{сг}$ – площадь санитарно-гигиенических помещений;

$S_б$ – площадь буфета.

Площадь надстройки, занимаемая экипажем $S_{эк}$, включает в себя площадь дежурного помещения, санитарно-гигиенических помещений, хозяйственных и судовых кладовых:

$$S_э = S_{эд} + S_{эг} + S_{эк} \quad (5)$$

где, $S_{эд}$ – площадь дежурного помещения;

$S_{эг}$ – площадь санитарно-гигиенических помещений;

$S_{эк}$ – площадь хозяйственных и судовых кладовых.

К служебным помещениям в надстройке относят рулевую рубку и машинное отделение:

$$S_{сн} = S_{рр} + S_{мо} \quad (6)$$

где, $S_{рр}$ – площадь рулевой рубки;

$S_{мо}$ – площадь части машинного отделения, расположенного на главной палубе в надстройке.

Площадь для размещения пассажиров в пассажирском салоне включает в себя сумму площадей, приходящихся на одного пассажира в салоне с местами для сидения [17], площадь магистральных проходов в пассажирском салоне и площадь зазоров между креслом и внутренней стенкой надстройки:

$$S_n = \sum S_i + S_{мп} + S_з \quad (7)$$

где, S_i – площадь, приходящаяся на одного пассажира;

$S_{мп}$ – площадь магистральных проходов в салоне;

$S_з$ – площадь зазоров между креслом и внутренней стенкой надстройки.

Площадь, приходящаяся на одного пассажира с местами для сидения в салонах разного класса, регламентируется санитарными нормами и зависит от условий

эксплуатации, длительности рейса, степени комфорта¹. Для отечественных и зарубежных скоростных пассажирских судов это значение S_i колеблется в пределах 0,36-0,65 (см. рис. 2).

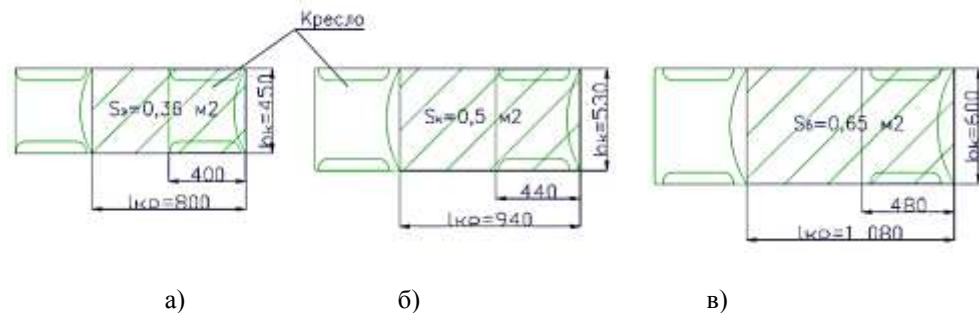


Рис. 2. Площадь, приходящаяся на одного пассажира в салоне разного класса: а) эконом-класса; б) комфорт-класса; в) бизнес-класса

Проведя статистический анализ данных площадей, приходящихся на одного пассажира, с местами для сидения в салоне разного класса на скоростных судах, таких как «Валдай-45Р», «Метеор-120Р», «Комета», «Dolphin Ulsan», «Benchijigua», «Condor Liberation», «White Rabbit», «Fantomе Cat», «Red Jet 7», «Ocean Wave», отвечающим требованиям Правил, применяемых к судам внутреннего и смешанного (река-море) плавания, а также на авиационном² и железнодорожном транспорте³, была принята усредненная площадь для пассажирских судов-тримаранов, приходящаяся на одного пассажира из расчета уровня комфортабельности, которая составила 0,5 м² с размерами кресел комфорт-класса и расстояния между рядами кресел 0,94м.

Ширина пассажирского салона V_c может быть найдена исходя из числа кресел в ряду между продольными проходами, числа продольных проходов, а также величины зазоров между крайними в ряду креслами и стенками салона:

$$V_c = n_k \times b_k \times (n_n + 1) + b_n \times n_n \quad (8)$$

где, b_k – ширина кресла;

n_k – количество кресел в ряду между продольными проходами;

b_n – ширина продольного прохода;

n_n – количество продольных проходов;

Ширина надстройки V_n определяется шириной пассажирского салона и коэффициентом, учитывающим величину между крайними в ряду креслами и стенками надстройки:

$$V_n = V_c \times k_n \quad (9)$$

где, k_n – коэффициент, учитывающий величину между крайними в ряду креслами и стенками надстройки обусловленный наличием книц и набора надстройки, и как правило составляет не более 5% от ширины пассажирского салона V_c .

На рисунке 3 в качестве примера показано расположение пассажирских мест в салоне в зависимости от количества проходов с четырьмя креслами.

1 <https://www.nauticexpo.ru/prod/west-mekan/product-31805-572694.html>

2 <https://aviatrap.ru/aircrafts/airbus/30-aircrafts/airbus/118-airbus-a320-seating-plan>

3 <https://studfile.net/preview/6188354/>

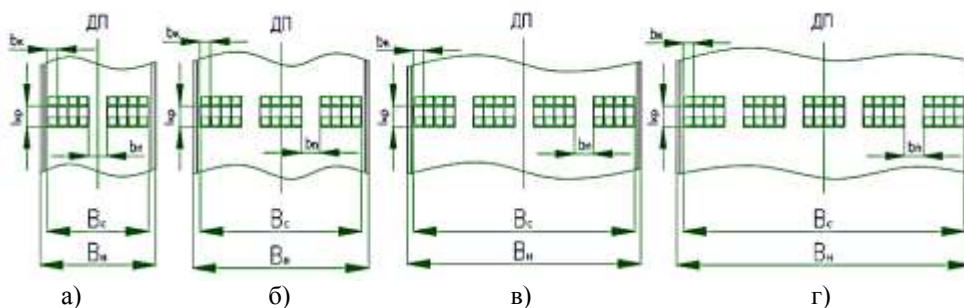


Рис. 3. Схемы расположения кресел в пассажирском салоне в зависимости от количества продольных проходов: а) один проход; б) два прохода; в) три прохода; г) четыре прохода

Длина надстройки L_n определяется необходимой длиной пассажирского салона и длиной служебной части надстройки, в которой размещается экипаж и санитарно-гигиенические, хозяйственные и ботовые помещения для него, а также общесудовые служебные помещения (ходовая рубка, палубная часть машинного отделения):

$$L_n = L_c + L_{сл} \quad (10)$$

где, L_c – длина пассажирского салона;
 $L_{сл}$ – длина служебной части надстройки.

Длина пассажирского салона, то есть пассажирской части надстройки можно определить исходя из заданной пассажировместимости, принятой схемой размещения кресел в одном ряду и дополнительной площадью в соответствии с условием (4):

$$L_c = [n_1/n_k \times (n_p + 1)] \times l_{кр} \times k_d = \sum L_m \times k_d \quad (11)$$

где, n_1 – пассажировместимость по количеству пассажиров на главной палубе;
 $l_{кр}$ – расстояние между рядами (спинками) кресел (см. рис. 3);
 k_d – коэффициент, учитывающий дополнительные площади по условию (4);
 $\sum L_m$ – суммарная длина пассажирских мест.

Проанализировав ряд скоростных пассажирских судов-тримаранов и катамаранов, в число которых входили такие суда-тримараны как «Dolphin Ulsan», «Benchijigua», «Condor Liberation» и катамараны, такие как «Fantome Cat», «Red Jet 7», «Ocean Wave» были получены зависимости между: длиной корпуса тримарана, длиной надстройки, длиной пассажирского салона и суммарной длиной пассажирских мест. Зависимость этих соотношений относится только к первому ярусу, расположенному на главной палубе.

Тогда значение коэффициента k_d принимается равным $k_d = 1,2-1,3$ (см. табл. 1), полученного путем статистического анализа.

Таблица 1

Характеристики скоростных пассажирских судов-тримаранов и катамаранов

Название судна	$L_K, \text{ м}$	$L_H, \text{ м}$	$L_C, \text{ м}$	$\sum L_M, \text{ м}$	$k_K=L_K/L_H$	$k_H=L_H/L_C$	$k_d=L_C/\sum L_M$
Тримараны							
Dolphin Ulsan	55	35,7	32,7	27	1,54	1,09	1,21
Benchijigua	126,7	73,4	67,5	58,2	1,73	1,09	1,16
Condor Liberation	102	64,5	57	46,1	1,58	1,13	1,24
СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ	-	-	-	-	1,62	1,10	1,20
Катамараны							
Fantome Cat	31,7	24,1	19,4	14,9	-	1,24	1,30
Red Jet 7	40,7	30	26,6	21	-	1,13	1,27
Ocean Wave	26,5	19,8	14,2	10,7	-	1,39	1,33
СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ	-	-	-	-	-	1,25	1,30

Если тримаран по архитектурно-конструктивному типу имеет двухъярусную пассажирскую надстройку, то пассажировместимость на главной палубе может быть принята по выражению:

$$n_1 = k_n \times n_{\text{пас}} \tag{12}$$

где, $n_{\text{пас}}$ – заданная общая пассажировместимость;

k_n – коэффициент палубности, принимается $k_n=0,65-0,7$ – при двухъярусной надстройке, и $k_n=1$ – при одноярусной.

При постоянной ширине надстройки длина ее служебной части однозначно должна соответствовать площадям, занимаемым экипажем и служебным помещениям (выражение 5 и 6).

Тогда среднюю длину надстройки можно принять равной:

$$L_H = L_C \times k_n \tag{13}$$

где, $k_n = 1,1-1,25$ – коэффициент, учитывающий общую длину надстройки.

Ширина тримарана однозначно определяется расположением аутригеров по ширине относительно центрального корпуса, принимаемого как вариантный параметр по условию минимума гидродинамического сопротивления.

Длина тримарана определяется длиной его центрального корпуса и зависит от средней длины надстройки и расположения аутригеров по длине (см. рис. 4).

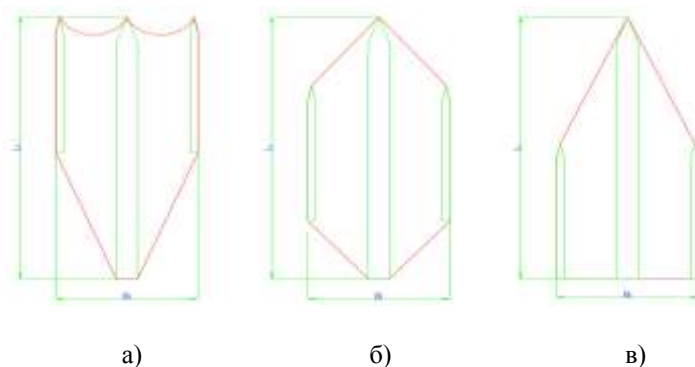


Рис. 4. Схема общей площади палуб при: а) носовом расположении аутригеров; б) центральном расположении аутригеров; в) кормовом расположении аутригеров

Численное моделирование возможного расположения площадей палуб при этих вариантах показало, что влияние расположения аутригеров незначительно и на стадиях исследовательского проектирования может не учитываться. Тогда длину центрального корпуса L_k можно принимать только в зависимости от длины надстройки:

$$L_k = L_n \times k_k \quad (14)$$

где, k_k – коэффициент, учитывающий отличие длины центрального корпуса от необходимой длины надстройки.

По статистическим данным (табл. 1) и результатам численного моделирования коэффициент, учитывающий отличие длины центрального корпуса от необходимой длины надстройки, может быть принят $k_k = 1,62$.

Заключение

Результаты анализа позволяют сформулировать следующие выводы:

установлена зависимость между пассажироместимостью и главными размерениями тримарана, которая может быть использована на этапе исследовательского проектирования при оптимизации проектных характеристик пассажирских судов- тримаранов;

предложено выражение для определения размеров пассажирского салона в зависимости от пассажироместимости и конфигурации расположения в нем пассажирских кресел и их рядов;

получена статистическая зависимость между длиной корпуса тримарана, длиной надстройки, длиной пассажирского салона и суммарной длиной пассажирских мест;

проанализирован размер площади, приходящейся на одного пассажира в салонах с местами для сидения на скоростных судах, авиационном и железнодорожном транспорте и принято значение данной удельной характеристики для судов-тримаранов.

Список литературы

1. Леви Б. З. Пассажирские суда прибрежного плавания. Л.: Судостроение. 1975. 320 с.
2. Federico Cavallaro, Silvio Nocera. Integration of passenger and freight transport: A concept-centric literature review. *Research in Transportation Business & Management*. Available online 30 September 2021. 100718.
3. Francesco Bruzzone, Federico Cavallaro, Silvio Nocera. The integration of passenger and freight transport for first-last mile operations. *Transport Policy*. Volume 100. January 2021. Pp. 31-48.
4. Семин А. А. Классификация способов оценки комфортабельности, как составляющий элемент проектирования судов и организации обслуживания пассажиров // *Вестник Одесского национального морского университета*. 2013. № 1. С. 180-187.
5. Семин А. А. Влияние комфортабельности на выбор главных размерений пассажирских круизных судов внутреннего и смешанного плавания // *Вестник Одесского национального морского университета*. 2005. Выпуск 17. С. 39-45.
6. Alessandro Carchen, Tomaso Gaggero, Giovanni Besio, Alessandro Mazzino, Diego Villa. A method for the probabilistic assessment of the on-board comfort on a passenger vessel route. *Ocean Engineering*. Volume 225. 1 April 2021. 108702.
7. Роннов Е. П., Корепанов А.Э. Тримараны: состояние и перспективы развития // *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. 2019. № 60. С. 92-97.
8. Jerolim Andric, Pero Prebeg, Marin Palaversa, Vedran Zanic. Influence of different topological variants on optimized structural scantlings of passenger ship. *Marine Structures*. Volume 78. July 2021. 102981.

9. Diane Royal, Sharon R. Roseman. Co-passenger and the gendering of a mobile ferry space. *Journal of Transport Geography*. Volume 92. April 2021. 103000.
10. José I. Castillo-Manzano, Lourdes López-Valpuesta. What does cruise passengers' satisfaction depend on? Does size really matter? *International Journal of Hospitality Management*. Volume 75. September 2018. Pp. 116-118.
11. James Mak, Christopher Sheehy, Shannon Toriki. The passenger vessel services act and America's cruise tourism industry. *Research in Transportation Economics*. Volume 26. Issue 1. 2010. Pp. 18-26.
12. Wayne K. Talley. Passenger Ferry Vessels and Cruise Ships: Safety and Security. *International Encyclopedia of Transportation*. 2021. Pp. 290-295.
13. Claudio Ferrari, Alessio Tei. Maritime Company Passenger Management/Liner Industry. *International Encyclopedia of Transportation*. 2021. Pp. 587-592.
14. Нгуен Г. Х., Некрасов В. А. Определение количества перевезенных пассажиров и продолжительности прямого сложного рейса быстроходного пассажирского судна с учетом стохастических факторов // *Вестник НУК*. 2013. № 1. С. 27-29.
15. Ашик В. В. Проектирование судов. Ленинград.: Издательство «Судостроение». 1985. 320 с.
16. Роннов Е. П. Проектирование судов внутреннего плавания. Нижний Новгород.: Издательство ФГОУ ВПО «ВГАВТ». 2009. 288 с.
17. Ваганов А. М. Проектирование скоростных судов. Ленинград.: Издательство «Судостроение», 1978. 279 с.

References

1. Levi B. Z. Passazhirskie suda pribrezhnogo plavaniya [Coastal passenger vessels]. L.: Sudostroenie. 1975. 320 s.
2. Federico Cavallaro, Silvio Nocera. Integration of passenger and freight transport: A concept-centric literature review. *Research in Transportation Business & Management*. Available online 30 September 2021. 100718.
3. Francesco Bruzzone, Federico Cavallaro, Silvio Nocera. The integration of passenger and freight transport for first-last mile operations. *Transport Policy*. Volume 100. January 2021. Pp. 31-48.
4. Semin A. A. Klassifikatsiya sposobov otsenki komfortabel'nosti, kak sostavlyayushchii ehlement proektirovaniya sudov i organizatsii obsluzhivaniya passazhirov [Classification of comfort assessment methods as a component element of ship design and passenger service organization] *Vestnik Odesskogo natsional'nogo morskogo universiteta*. 2013. № 1. S. 180-187.
5. Semin A. A. Vliyaniye komfortabel'nosti na vybor glavnykh razmerenii passazhirskikh kruiznykh sudov vnutrennego i smeshannogo plavaniya [The influence of comfort on the choice of the main dimensions of passenger cruise ships of domestic and mixed navigation] *Vestnik Odesskogo natsional'nogo morskogo universiteta*. 2005. Vypusk 17. S. 39-45.
6. Alessandro Carchen, Tomaso Gaggero, Giovanni Besio, Alessandro Mazzino, Diego Villa. A method for the probabilistic assessment of the on-board comfort on a passenger vessel route. *Ocean Engineering*. Volume 225. 1 April 2021. 108702.
7. Ronnov E. P., Korepanov A.EH. Trimaran: sostoyaniye i perspektivy razvitiya [Trimaran: state and prospects of development] *Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta*. 2019. № 60. S. 92-97.
8. Jerolim Andric, Pero Prebeg, Marin Palaversa, Vedran Zanic. Influence of different topological variants on optimized structural scantlings of passenger ship. *Marine Structures*. Volume 78. July 2021. 102981.
9. Diane Royal, Sharon R. Roseman. Co-passenger and the gendering of a mobile ferry space. *Journal of Transport Geography*. Volume 92. April 2021. 103000.
10. José I. Castillo-Manzano, Lourdes López-Valpuesta. What does cruise passengers' satisfaction depend on? Does size really matter? *International Journal of Hospitality Management*. Volume 75. September 2018. Pp. 116-118.

11. James Mak, Christopher Sheehey, Shannon Toriki. The passenger vessel services act and America's cruise tourism industry. *Research in Transportation Economics*. Volume 26. Issue 1. 2010. Pp. 18-26.
12. Wayne K. Talley. Passenger Ferry Vessels and Cruise Ships: Safety and Security. *International Encyclopedia of Transportation*. 2021. Pp. 290-295.
13. Claudio Ferrari, Alessio Tei. Maritime Company Passenger Management/Liner Industry. *International Encyclopedia of Transportation*. 2021. Pp. 587-592.
14. Nguen G. X., Nekrasov V. A. Opredelenie kolichestva perevezennykh passazhirov i prodolzhitel'nosti pryamo-go slozhnogo reisa bystrokhodnogo passazhirskogo sudna s uchetom stokhasticheskikh faktorov [Determination of the number of passengers transported and the duration of a direct complex voyage of a high-speed passenger vessel, taking into account stochastic factors] *Vestnik NUK*. 2013. № 1. S. 27-29.
15. Ashik V. V. Proektirovanie sudov [Ship design]. Leningrad.: Izdatel'stvo «SudostroeniE». 1985. 320 s.
16. Ronnov E. P. Proektirovanie sudov vnutrennego plavaniya [Design of inland navigation vessels]. Nizhnii Novgorod.: Izdatel'stvo FGOU VPO «VGAVT». 2009. 288 s.
17. Vaganov A. M. Proektirovanie skorostnykh sudov [Design of high-speed vessels]. Leningrad.: Izdatel'stvo «SudostroeniE», 1978. 279 s.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Корепанов Алексей Эдуардович, аспирант, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, Россия, e-mail: a.e.korepanov@yandex.ru

Alexey E. Korepanov, graduate student, Volga State University of Water Transport, 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova, 5, Russian Federation, e-mail: a.e.korepanov@yandex.ru

Роннов Евгений Павлович, д.т.н., профессор, заведующий кафедры проектирования и технологии постройки судов, Волжский государственный университет водного транспорта, 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, Россия, e-mail: eronnov@mail.ru

Evgeniy P. Ronnov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Shipbuilding Design and Technology Department, Volga State University of Water Transport, 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova, 5, Russian Federation, e-mail: eronnov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.01.2022; опубликована онлайн 21.03.2022.
Received 18.01.2022; published online 21.03.2022.