

Научная статья

УДК 656.62.052; 639.2

DOI 10.46845/1997-3071-2024-72-105-114

Экспериментальные исследования модели катамарана

Александр Алексеевич Недоступ¹, Егор Ильич Сергеев², Евгений Андреевич Чуреев³

^{1,2,3} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹nedostup@klgtu.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается гидродинамика модели катамарана, которая выполнена на основе теории мультифизического подобия. Натурный катамаран состоит из двух моторных лодок типа «Wyatboat-430», соединенных специально изготовленной палубой. Лодки «Wyatboat-430» применяются для прибрежного лова, во внутренних водоемах, а также для научных исследований запасов гидробионтов. Для физического определения гидродинамического сопротивления натуральных моторных лодок «Wyatboat-430» и самого катамарана были проведены экспериментальные исследования в опытовом бассейне Калининградского государственного технического университета (КГТУ). Гидродинамическое сопротивление катамарана зависит от многих характеристик: формы корпуса лодок, шероховатости поверхности корпуса, в частности днища лодок, размеров лодок, скорости буксировки, расстояния между лодками (крепления) и др. При физическом эксперименте рассчитывали гидродинамическое сопротивление по результатам прогонки модели катамарана в опытовом бассейне, модели катамарана выполнены из стеклопластика. Численные эксперименты по расчету гидродинамики моторной лодки типа «Wyatboat-430» выполнялись с помощью имитационного моделирования, для расчета сопротивления была создана 3D-модель лодки «Wyatboat-430» с помощью специальной программе Blender. Сам расчет сопротивления 3D-модели катамарана выполнен в программе Maxsurf Resistance, которая считает приближенное гидродинамическое сопротивление. После полученных результатов проводили анализ, сравнение и прогноз гидродинамического сопротивления модели катамарана.

Ключевые слова: гидродинамическое сопротивление, гидродинамика, катамаран, эксперименты, бассейн, полигон, лодка, программный продукт.

Финансирование: Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Разработка физических, математических и предсказательных моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов».

Для цитирования: Недоступ А. А., Сергеев Е. И., Чуреєв Е. А. Экспериментальные исследования модели катамарана // Известия КГТУ. 2024. № 72. С. 105–114. DOI 10.46845/1997-3071-2024-72-105-114.

Original article

Experimental studies of the catamaran model

Aleksandr A. Nedostup¹, Egor I. Sergeev², Evgeniy A. Chureev³

^{1,2,3} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹nedostup@klgtu.ru

Abstract. This article discusses the hydrodynamics of the catamaran model. The catamaran model is based on the theory of multiphysical similarity. A full scale catamaran consists of two motorboats of the "Wyatboat-430" type, connected with a specially made deck. Boats "Wyatboat-430" are used for coastal fishing, as well as in inland waters, conducting scientific studies of aquatic life stocks in reservoirs of the Russian Federation. For the physical determination of the hydrodynamic resistance of full-scale motor boats "Wyatboat-430" and the catamaran itself, experimental studies have been conducted in the experimental pool of the Federal State Educational Institution "KSTU". The hydrodynamic resistance of a catamaran depends on many characteristics: shape of the hull, roughness of the hull surface, in particular the bottom of the boats, size of the boats, towing speed, distance between the boats (attachment), etc. During the physical experiment, the hydrodynamic resistance has been calculated based on the results of running a catamaran model in the experimental pool of KSTU. The catamaran models are made of fiberglass. Numerical experiments on the calculation of the hydrodynamics of "Wyatboat-430" motorboat have been performed using simulation modeling. A 3D model of the boat "Wyatboat-430" boat has been created to calculate the resistance, using a special Blender program. Calculation of the resistance of the catamaran 3D model has been performed in the Maxsurf Resistance program. This program calculates the approximate hydro-dynamic resistance. After the results obtained, the analysis, comparison and prediction of the hydrodynamic resistance of the catamaran model have been carried out.

Keywords: hydrodynamic resistance, hydrodynamics, catamaran, experiments, swimming pool, landfill, boat, software product.

Funding: The study has been carried out within the framework of the state task on the topic "Development of physical, mathematical and predictive models of the processes of operation of bottom and multi-depth trawl complexes".

For citation: Nedostup A. A., Sergeev E. I., Chureev E. A. Experimental studies of the catamaran model // *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2024; (72): 105–114. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2024-72-105-114.

ВВЕДЕНИЕ

Достижение оптимальных параметров катамаранов, которые способны буксировать активные орудия промышленного рыболовства, сопряжено с множеством проблем [1–4]:

- отсутствие в ряде районов разрешений на промысел активными орудиями рыболовства;
- несоответствие располагаемой тяги катамарана и агрегатного сопротивления орудия промышленного рыболовства;
- отсутствие на катамаранах механизации промысловых операций.

Это неполный список ограничений в эксплуатации катамаранов в прибрежной зоне и во внутренних водоемах Российской Федерации. Ограничения диктуют определенные условия работы, возникают задачи, которые решаются различными методами, такими как физический и имитационный эксперименты.

В данной статье приведены результаты анализа и сравнения двух выполненных экспериментов. Первый эксперимент проводился с помощью имитационного моделирования для расчета гидродинамики благодаря созданной 3D-модели катамарана, который состоял из двух моторных лодок типа «Wyatboat-430». Созданный в программе Blender катамаран, или его 3D-модель, прогонялся в программе Maxsurf Resistance. Данный эксперимент является имитационным и показывает количественную картину процесса обтекания частицами воды корпуса катамарана, программа выполняет приближенный расчет, это необходимо для оценки полей скоростей и давлений вокруг корпуса катамарана. На рис. 1 изображена 3D-модель катамарана.

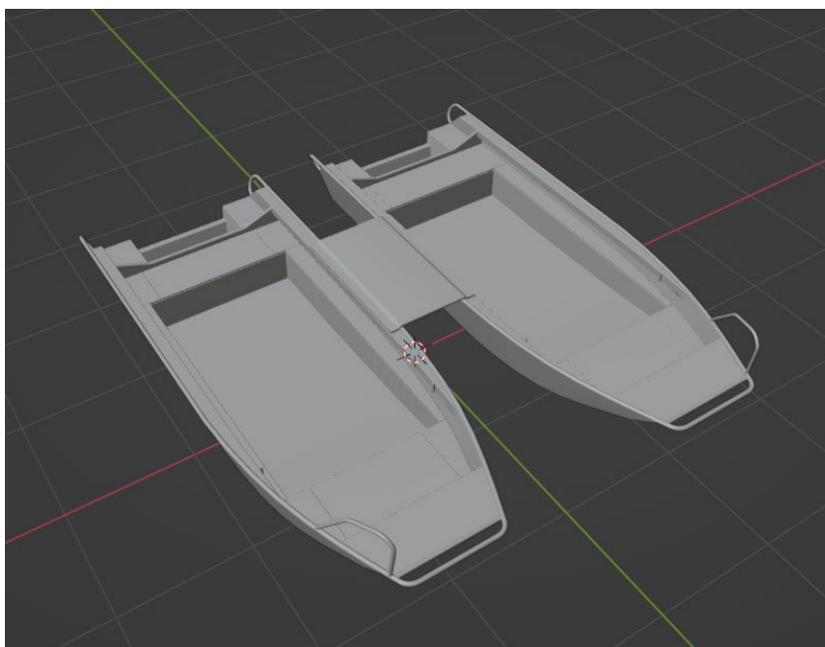


Рис. 1. 3D-модель катамарана
Fig. 1. 3D-model of a catamaran

Технические характеристики лодки «Wyatboat-430» представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики моторной лодки «Wyatboat-430»
Table 1. Characteristics of "Wyatboat-430" motorboat

Длина, м	Ширина, м	Материал корпуса	Масса, кг
4,3	1,6	алюминий	189

ИМИТАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Специализированная программа Maxsurf Resistance для оценки требований к корпусу судна, а именно оценки его сопротивления, позволяет рассчитать поля гидродинамического сопротивления и давления. На основании программы Blender построен в 3D катамаран и проведены численные эксперименты с ним в программе Maxsurf Resistance. На рис. 2–3 изображены результаты имитационного моделирования катамарана, состоящего из двух моторных лодок «Wyatboat-430». Расстояние между лодками изменялось для определения наилучшего, с точки зрения минимального гидродинамического сопротивления, корпуса катамарана. В табл. 2 представлены результаты в числовом виде.

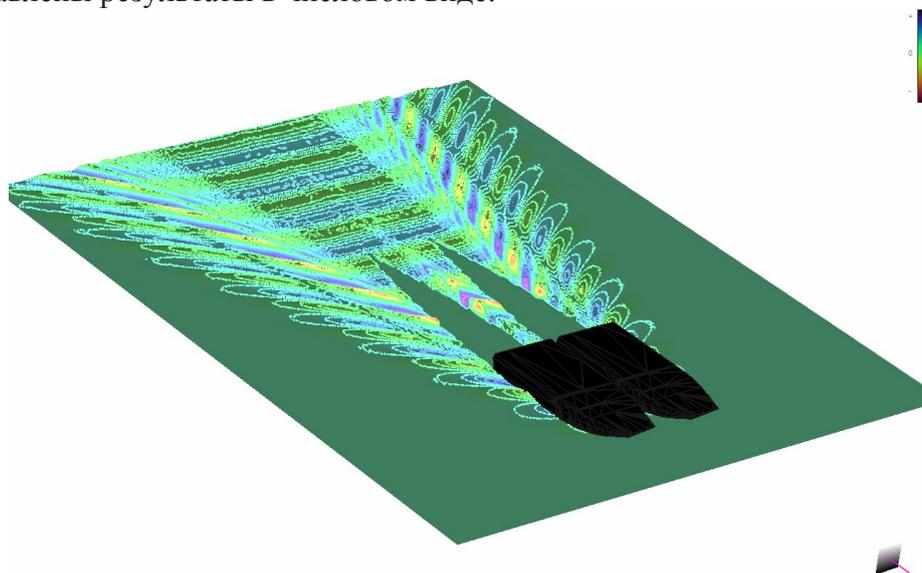


Рис. 2. Картина волнообразования. Расстояние между корпусами 0 м
Fig. 2. Wave formation picture. The distance between the hulls is 0 m

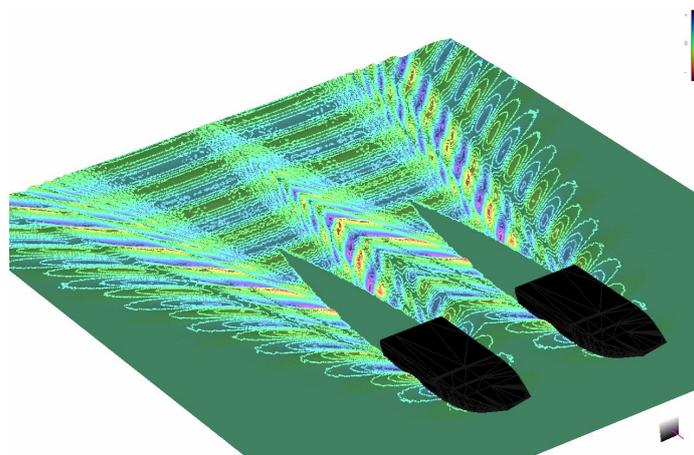


Рис. 3. Картина волнообразования. Расстояние между корпусами 2 м
Fig. 3. Wave formation picture. The distance between the hulls is 2 m

Визуальная картина (рис. 2, 3) не дает четкого ответа, какое расстояние между лодками оптимальное с точки зрения минимального гидродинамического сопротивления корпуса катамарана.

Таблица 2. Сводная таблица результатов расчетов программы Maxsurf Resistance
Table 2. Summary table of Maxsurf Resistance program calculation results

Расстояние между бортами лодок, м	Сопротивление R, Н
0	158,18
1	158,18
2	158,18

Зависимость гидродинамического сопротивления корпуса катамарана от расстояния между бортами лодок представлена на рис. 4.

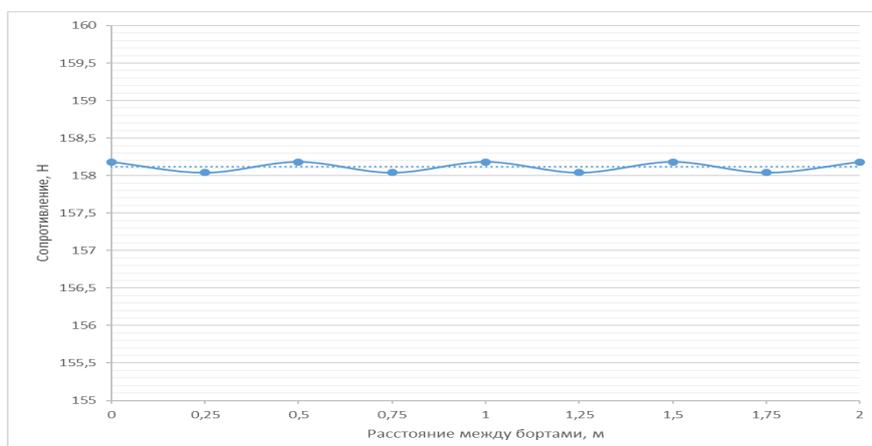


Рис. 4. График зависимости сопротивления от расстояния между бортами
Fig. 4. Graph of resistance versus distance between sides

ФИЗИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В ходе проведения физических экспериментов с моделью катамарана на первоначальном этапе создали модели двух лодок «Wyatboat-430» из стеклопластика в геометрическом масштабе 0,15, затем модели лодок соединили моделью палубы и получили модель катамарана. Эксперименты с физической моделью катамарана проводились в опытовом бассейне КГТУ, который предназначен для исследований с физическими моделями судов с целью определения их гидродинамических характеристик на тихой воде, а также на волнении как регулярном, так и нерегулярном. Длина бассейна составляет 30 м, максимальная скорость, которую развивает тележка, – 3 м/с. Опытный бассейн представлен на рис. 5.



Рис. 5. Опытный бассейн
Fig. 5. Experimental pool

По теории мультифизического подобия рассчитаны масштабы подобия моторной лодки «Wyatboat-430», которые приведены в табл. 3.

Таблица 3. Масштабы подобия моторной лодки «Wyatboat-430»
Table 3. Scale of the similarity of “Wyatboat-430” motorboat

Масштаб геометрических характеристик C_l	Масштаб массы C_m	Масштаб плотности воды C_p
0,15	0,0034	1,0

Характеристики модели моторной лодки «Wyatboat-430» указаны в табл. 4.

Таблица 4. Геометрические и конструктивные характеристики моторной лодки «Wyatboat-430»

Table 4. Geometric and structural characteristics of "Wyatboat-430" motorboat

Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Материал корпуса
0,645	0,24	0,097	Стеклопластик, пеноплекс, деревянные балки

Модель катамарана, который состоит из двух моторных лодок «Wyatboat-430», представлена на рис. 6.

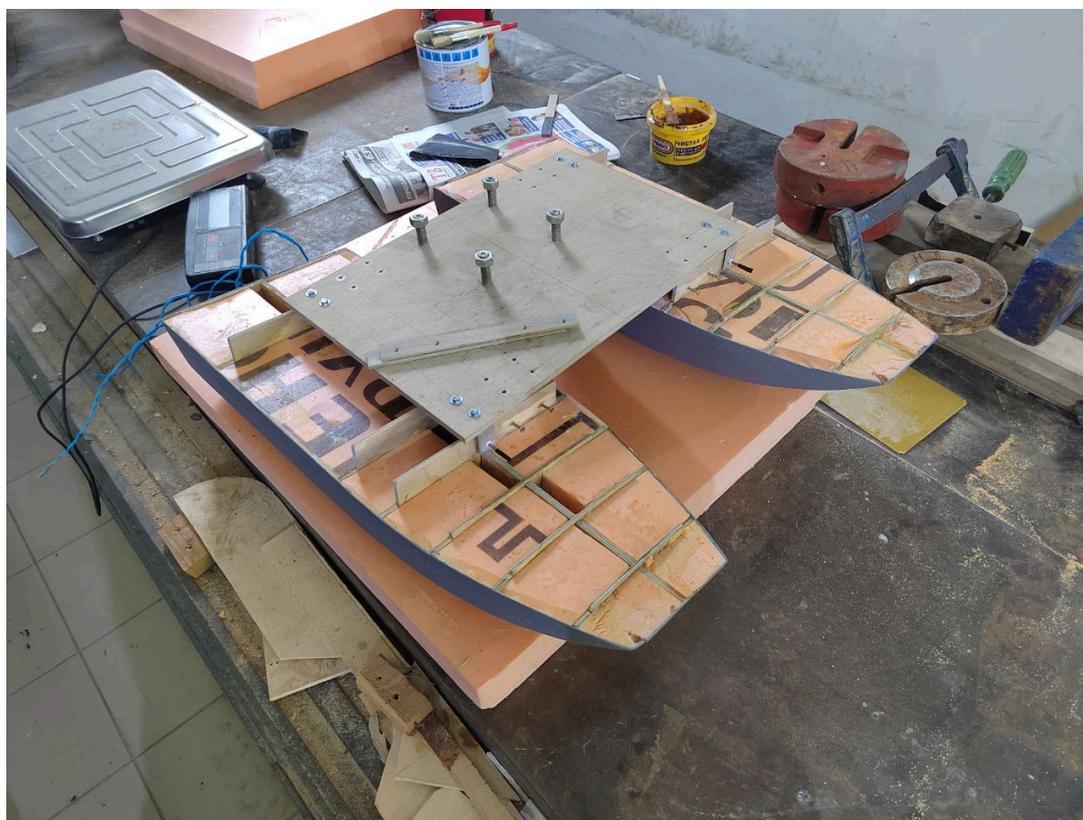


Рис. 6. Модель катамарана
Fig. 6. Catamaran model

В опытовом бассейне КГТУ проведены исследования гидродинамических характеристик модели катамарана с учетом методики выполнения опытов с корпусами моделей судов [5]. Результаты испытаний представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты испытаний модели катамарана
Table 5. Test results of the catamaran model

№	Скорость, м/с	Сопrotивление, Н		
		Расстояние бортов 0 мм	Расстояние бортов 75 мм	Расстояние бортов 150 мм
1	0	0	0	0
2	0,99	0,21	0,19	0,19
3	1,52	0,63	0,54	0,51
4	2,04	0,65	0,58	0,58
5	2,51	0,73	0,69	0,69

На основании полученных результатов были построены зависимости гидродинамического сопротивления корпуса модели катамарана от скорости буксировки тележки при различном расстоянии между бортами лодок: 0 м, 75 мм и 150 мм. На рис. 7 представлены графики вышеуказанной зависимости для модели катамарана, состоящего из моделей моторных лодок «Wyatboat-430», при этом моторы не моделировались. Зависимости построены в соответствии с методиками, приведенными в литературе [6–8].

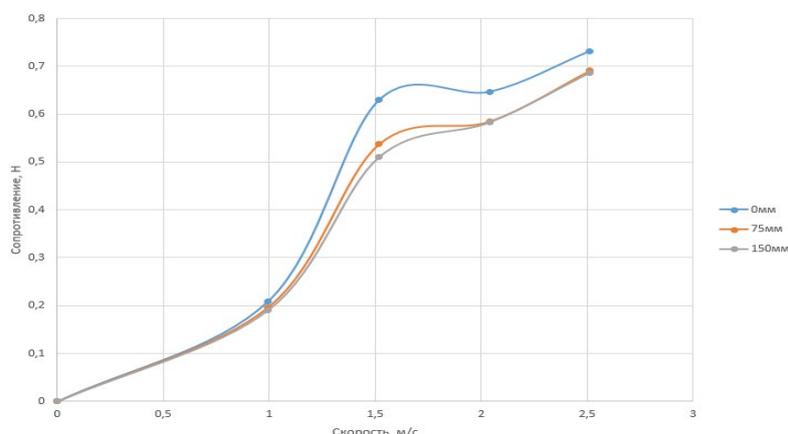


Рис. 7. График зависимостей гидродинамического сопротивления корпуса модели катамарана от скорости буксировки тележки при различном расстоянии между бортами лодок: 0 м, 75 мм, 150 мм

Fig. 7. A graph of the dependences of the hydrodynamic resistance of the catamaran model hull on the towing speed of the trolley at different distances between the sides of the boats: 0 m, 75 mm, 150 mm

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения имитационных и физических экспериментальных исследований гидродинамики модели катамарана, состоящего из двух моделей моторных лодок «Wyatboat-430», получены следующие результаты:

1. Имитационное исследование показало, что расстояние между бортами лодок не оказывает заметного влияния на гидродинамическое сопротивление модели катамарана и его мореходные характеристики;

2. Физический эксперимент с моделью катамарана показал, что гидродинамическое сопротивление при варианте «борт в борт» не самое благоприятное для катамарана. Различия по гидродинамическому сопротивлению катамарана между вторым вариантом и третьим незначительны.

Список источников

1. Денисов Л. И. Рыболовство на водохранилищах. Москва: Пищевая промышленность, 1978. 288 с.
2. Исаев А. И., Карпова Е. И. Рыбное хозяйство водохранилищ. Москва: ВО «Агропромиздат», 1989. 255 с.
3. Северов Ю. А., Сайфуллин Р. Р. Техника и орудия сбора ихтиологического материала во внутренних водоемах. Казань: КФУ, 2015. 40 с.
4. Самбаев Н. С. Промысловое состояние на Шардаринском водохранилище и применяемые орудия лова // Каспий и глобальные вызовы: Междунар. науч. конф. (23 мая 2022 г.): материалы. Астрахань, 2022. С. 568–574.
5. Радциг А. Н. Экспериментальная гидроаэромеханика. Москва: МАИ, 2004. 296 с.
6. Бронников А. В. Проектирование судов. Ленинград: Судостроение, 1991. 320 с.
7. Севастьянов Н. Б., Раков А. И. Проектирование промысловых судов. Ленинград: Судостроение, 1981. 374 с.
8. Аффраемев Э. А., Рабинович Я. С. Некоторые гидродинамические особенности катеров-катамаранов // Судостроение, 1977. № 70. С. 56–58.

References

1. Denisov L. I. *Rybolovstvo na vodokhranilishchakh* [Fishing in reservoirs]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1978, 288 p.
2. Isaev A. I., Karpova E. I. *Rybnoe khozyaystvo vodokhranilishch* [Reservoir fisheries]. Moscow, VO "Agropromizdat" Publ., 1989, 255 p.
3. Severov Yu. A., Sayfullin R. R. *Tekhnika i orudiya sbora ikhtiologicheskogo materiala vo vnutrennikh vodoemakh* [Techniques and tools for collecting ichthyological material in inland waters]. Kazan', KFU Publ., 2015, 40 p.
4. Sambaev N. S. Promyslovoe sostoyanie na Shardarinskom vodokhranilishche i primenyaemye orudiya lova [Fishing conditions on the Shardara reservoir and the fishing gear used]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Kaspiy i global'nye vyzovy" (23 maya 2022 g.)* [Proceedings of the International Scientific Conference "Caspian Sea and Global challenges" (23 May 2022)]. Astrakhan', 2022, pp. 568–574.
5. Radtsig A. N. *Eksperimental'naya gidroaeromekhanika* [Experimental hydroaeromechanics]. Moscow, MAI Publ., 2004, 296 p.
6. Bronnikov A. V. *Proektirovanie sudov* [Ship design]. Leningrad, Sudostroe-nie Publ., 1991, 320 p.

7. Sevast'yanov N. B., Rakov A. I. *Proektirovanie promyslovykh sudov* [Design of fishing vessels]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1981, 374 p.

8. Aframeev E. A., Rabinovich Ya. S. Nekotorye gidrodinamicheskie osobennosti katerov-katamaranov [Some hydrodynamic features of catamaran boats]. *Sudostroenie*, 1977, no. 70, pp. 56–58.

Информация об авторах

А. А. Недоступ – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства

Е. И. Сергеев – аспирант кафедры промышленного рыболовства

Е. А. Чуреев – директор Научно-исследовательского центра судостроения Калининградского государственного технического университета

Information about the author

A. A. Nedostup – PhD, Associate Professor, head of the Department of Commercial Fisheries

E. I. Sergeev – postgraduate student of the Department of Industrial Fisheries

Y. A. Chureev – Director of the Shipbuilding Research Center of the Kaliningrad State Technical University

Статья поступила в редакцию 14.11.2023; одобрена после рецензирования 11.01.2024; принята к публикации 12.01.2024.

The article was submitted 14.11.2023; approved after reviewing 11.01.2024; accepted for publication 12.01.2024.