

Научная статья

УДК 629.552

DOI 10.46845/1997-3071-2023-71-117-130

Влияние модернизации оконечностей корпуса парома на мореходные качества

Виктор Андреевич Белоусов¹, Сергей Васильевич Дятченко²

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

¹ viktor.belousov@klgtu.ru

² svd.ks@mail.ru

Аннотация. По причине растущей тенденции устаревания флота, обслуживающего паромные переправы, имеется большая необходимость в проектировании новых судов данного типа или модернизации существующих проектов. Так, согласно анализу Регистровой книги Федерального автономного учреждения «Российского классификационного общества» (РКО), за минувшие 10 лет было спущено на воду всего 3 парома на 115 паромных переправ внутренних водных путей Российской Федерации (ВВП РФ). В связи с этим статья посвящена обоснованию модернизации среднемагистрального автомобиле-пассажирского парома для ВВП РФ, а также ее влиянию на мореходные качества. Рассматриваемая модернизация проводится на базе новейшего среднемагистрального автомобильно-пассажирского парома, строящегося на территории Российской Федерации для нужд паромной переправы «Балтийск–Балтийская коса». Выбранный прототип имеет характерные для данного типа судов обводы, достаточную грузопместимость и другие особенности. Вместе с тем данный проект имеет и ряд отрицательных факторов, влияющих на мореходные качества. На основании описанных отрицательных качеств судна-прототипа спроектирован теоретический чертеж модернизированного судна. Влияние модернизации теоретического чертежа на мореходные качества определялось путем испытания физических моделей судна-прототипа и модернизированного судна в опытовом бассейне Научно-исследовательского центра судостроения Калининградского государственного технического университета (НИЦС КГТУ). Исследования проводились на тихой воде, на скоростях, эквивалентных эксплуатационным скоростям натурного судна. Вместе с тем во время модельных испытаний были осуществлены заезды на встречном регулярном волнении с характеристиками волн, определяемыми Российским классификационным обществом. По результатам описанных заездов определен ряд преимуществ модернизированного судна в сравнении с его прототипом.

Ключевые слова: паром, паромная переправа, слеминг, модельные испытания, построение теоретического чертежа, обводы судна, мореходные качества, судно-прототип, коэффициент остаточного сопротивления, Научно-исследовательский центр судостроения, опытовый бассейн, модернизация судна.

Для цитирования: Белоусов В. А., Дятченко С. В. Влияние модернизации конечностей корпуса парома на мореходные качества // // Известия КГТУ. 2023. № 71. С. 117-130. DOI 10.46845/1997-3071-2023-71-117-130

Original article

Influence of modernization of the ends of the ferry hull on seaworthiness

Viktor A. Belousov¹, Sergey V. Dyatchenko²

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

¹ viktor.belousov@klgtu.ru

² svd.ks@mail.ru

Abstract. Due to the growing trend of aging of the ferry fleet, there is a great need to design new vessels of this type or modernize existing projects. Thus, according to an analysis of the Register Book of the Federal Autonomous Institution "Russian Classification Society", over the past 10 years, only 3 ferries were launched for 115 ferry crossings on the Inland Waterways of the Russian Federation (here in after referred to as the IW of RF). In this connection, the article is devoted to the rationale for the modernization of a medium-haul car-passenger ferry for the Russian Federation, as well as its impact on seaworthiness. The modernization under consideration is carried out on the basis of the newest medium-haul automobile-passenger ferry, which is being built on the territory of the Russian Federation, for the needs of the Baltiysk-Baltiyskaya Kosa ferry crossing. The selected prototype has contours characteristic of this type of vessel, sufficient cargo capacity and other features. At the same time, this project also has a number of negative factors affecting seaworthiness. Based on the described negative qualities of the prototype vessel, a theoretical drawing of the modernized vessel has been designed. The effect of modernizing the theoretical drawing on seaworthiness was determined by testing physical models of the prototype vessel and the modernized vessel in the test pool of the Shipbuilding Research Center. The studies have been carried out in calm water, at speeds equivalent to the operational speeds of a full-scale vessel. At the same time, during the model tests, races have been carried out in regular oncoming waves, with wave characteristics determined by the Russian Classification Society. Based on the results of the described races, a number of advantages of the modernized vessel have been determined in comparison with its prototype.

Keywords: ferry, ferry crossing, slamming, model tests, construction of a theoretical drawing, Rules of the Russian Classification Society, vessel contours, seaworthiness, prototype vessel, residual resistance coefficient, shipbuilding research center, experimental pool, modernization of the vessel.

For citation: Belousov V. A., Dyatchenko S. V. Influence of modernization of the ends of the ferry hull on seaworthiness. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2023; (71):117-130. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2023-71-117-130

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день имеется необходимость в обновлении судов, обслуживающих паромные переправы внутренних водных путей Российской Федера-

ции. Согласно Регистровой книге РКО [1], за минувшие 10 лет было спущено всего 3 парома на 115 паромных переправ внутренних водных путей Российской Федерации, в связи с чем имеется необходимость в проектировании новых судов данного типа или улучшении существующих проектов. В качестве судна-прототипа выбран наиболее современный проект среднемагистрального автомобиле-пассажирского парома на электроходе, не имеющий аналогов на территории Российской Федерации.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ФОРМЫ КОРПУСА

В качестве объекта исследования рассматривается среднемагистральный автомобиле-пассажирский паром шифра «ЭКО-Паром» [2]. Район плавания такого судна определяется разрядом «Р» акваторий, внутренних водных путей Российской Федерации по классификации РКО [3]. Обводы корпуса данного парома показаны на рис. 1, план палубы – на рис. 2. Основные геометрические характеристики судна представлены в табл. 1.

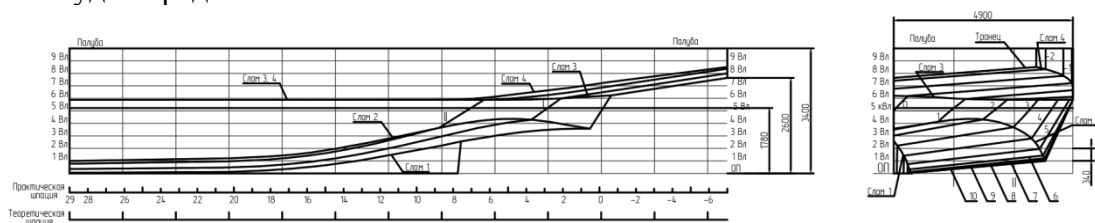


Рис. 1. Форма корпуса парома шифра «ЭКО-Паром»

Fig. 1. Hull form of ferry, type «ECO-Ferry»

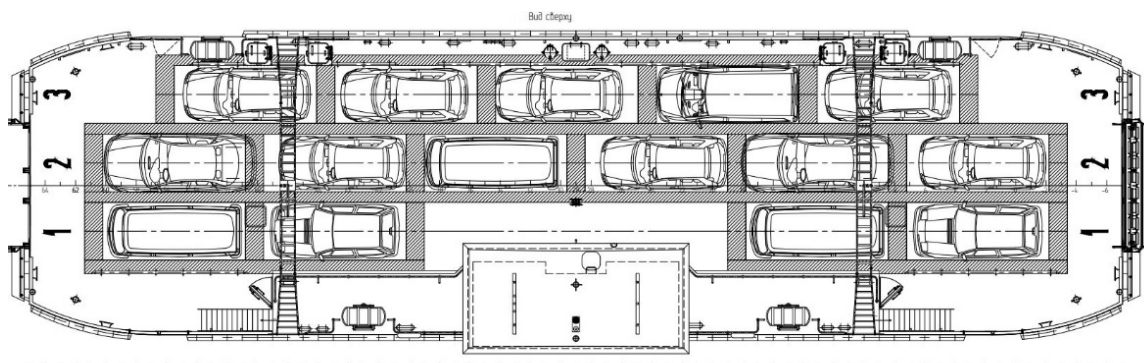


Рис. 2. Общее расположение исходного судна

Fig. 2. General layout of the original vessel

Таблица 1. Основные геометрические характеристики ЭКО-Парома

Table 1. Basic geometric characteristics of the «ECO-Ferry»

№	Наименование характеристики	Значение
1	Длина наибольшая, м	36,0
2	Ширина наибольшая, м	9,80
3	Осадка, м	1,78
4	Высота борта на миделе, м	3,40
5	Количество перевозимых автомобилей, шт.	15
6	Количество перевозимых пассажиров, чел.	80

Форма шпангоутов на проекции «корпус» является характерной для судов данного типа, однако форма оконечностей этого паром имеет ряд отрицательных качеств.

Во-первых, за счет свесов на (-1)–(-7) шпангоутах и симметричных 59–65 шпангоутах увеличивается площадь парусности судна, которая может отрицательно повлиять на его маневренные качества.

Во-вторых, описанные оконечности могут принимать больше ударных нагрузок от встречных волн, поскольку высота волны акватории разряда «Р» составляет до 1,2 м.

В-третьих, оконечности такого рода во время заморозков больше подвержены обледенению [4], причем доступа для обкалывания льда непосредственно с судна нет. В таком случае при обледенении нижней части свесов «ЭКО-Паром» будет работать по принципу бульдозера, толкая перед собой поверхностный слой воды, увеличивая сопротивление движению.

Исходя из описанных соображений была поставлена задача модернизации данного корпуса судна. В качестве технического задания на модернизацию установлено сохранение грузопместимости (15 автомобилей и 80 пассажиров), а также улучшение мореходных качеств судна. В результате проработки нескольких вариантов изменения корпуса принято решение уменьшить конструктивную длину до 30 м за счет уменьшения свесов оконечностей, при этом остальные главные размеры (ширина, высота борта) оставить неизменными [5]. Теоретический чертеж модернизированного корпуса представлен на рис. 3, проработка плана верхней палубы – на рис. 4. Отсутствие свесов носовой и кормовой оконечности у нового судна (рис. 3) теоретически должно привести к уменьшению явления слемина за счет уменьшения достаточно больших плоских поверхностей в надводной части днища, а также к улучшению маневренных характеристик судна за счет снижения площади боковой парусности в оконечностях.

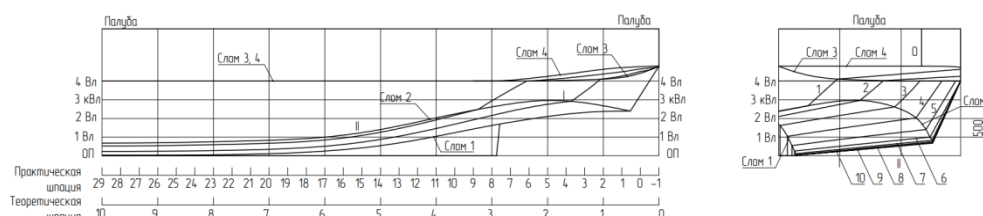


Рис. 3. Теоретический чертеж модернизированного судна

Fig. 3. Body plane of a modernized ferry

Графическая проработка плана верхней палубы (рис. 4) показала, что на новом судне можно разместить 15 автомобилей с учетом более компактной расстановки, т. е. уменьшая расстояния между автомобилями. Следует отметить, что расстояние между автомобилями регламентируются нормами Федерального дорожного агентства «РосАвтоДор» [6]. Данные требования предъявляются к автомобилям, которые располагаются в трюмных помещениях судов либо в твиндечном пространстве.

В случае судна «ЭКО-Паром» автомобили размещаются на верхней открытой палубе.

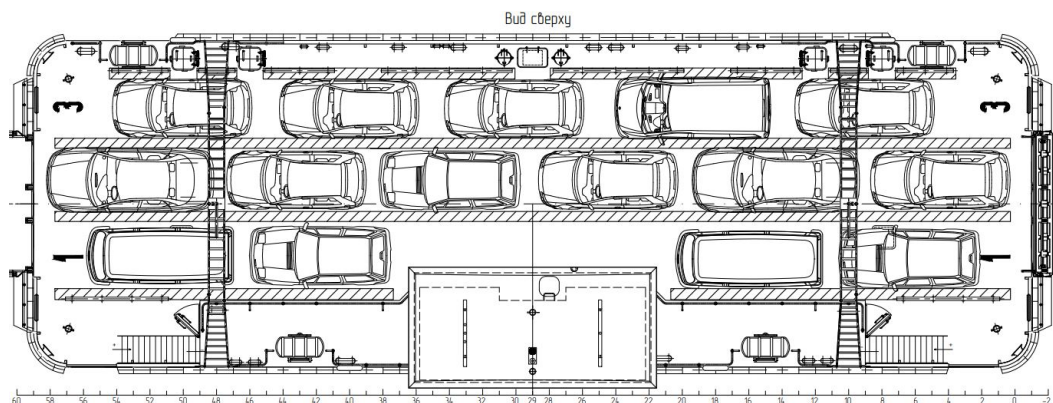


Рис. 4. План палубы и расположение автомобилей на грузовой палубе модернизированного паром

Fig. 4. Deck plan and arrangement of cars on the cargo deck of the modernized ferry

Следовательно, расстояние между перевозимыми автомобилями на модернизированном судне может быть уменьшено с целью сохранения грузоместимости. Пассажироместимость модернизированного судна по сравнению с исходным судном также осталась неизменной, т. к. пассажирские салоны находятся в средней части судна (11 шп.–23 шп., 35 шп.–49 шп.). Полученные в ходе модернизации геометрические характеристики представлены в табл. 2.

Таблица 2. Геометрические характеристики модернизированного судна

Table 2. Geometric characteristics of the modernized vessel

№	Наименование характеристики	Значение
1	Длина наибольшая, м	30,0
2	Ширина наибольшая, м	9,80
3	Осадка, м	1,67
4	Высота борта на миделе, м	3,40
5	Количество перевозимых автомобилей, шт.	15
6	Количество перевозимых пассажиров, чел.	80

ПРОВЕДЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

С целью подтверждения улучшения мореходных качеств модернизированного судна были подготовлены и проведены сравнительные модельные испытания в опытовом бассейне НИЦС КГТУ.

Достоверность полученных в ходе испытаний данных определялась путем использования штатной методики испытаний физических моделей в опытовом бассейне [7]. Описанная методика приближена к рекомендованным Международной конференцией для опытовых бассейнов (далее МКОБ) [8].

Для относительной оценки слеминга коллективом НИЦС КГТУ разработан специальный датчик, который представляет собой усеченный параллелепипед,

образующий так называемый «короб». В основании вырезано окно, закрываемое стальным листом толщиной 0,1 мм («мембраной»).

Вся конструкция вставляется в вырезанное в корпусе отверстие, образуя плавный переход обвода корпуса с мембраной датчика, жестко крепится и герметизируется. Таким образом, любое воздействие волны на внешнюю поверхность мембраны передается на встроенный тензодатчик [9]. Сам тензодатчик представляет собой тензометрический полумост, приклеиваемый на стальной планке. С точки зрения деформации датчик представляет собой «нагруженную балку» с деформацией изгиба. Деформация изгиба или эквивалентная ей сила передается, фиксируется и записывается с использованием лабораторного измерительного комплекса [10].

Остальной перечень штатного лабораторного оборудования указан в [11].

Во время испытаний использовались две модели, представленные на рис. 5 и 6, разработанные по теоретическим чертежам исходного и модернизированного судна.



Рис. 5. Внешний вид модели «ЭКО-Парома»
Fig. 5. The appearance of the «ECO-Ferry» model



Рис. 6. Внешний вид модели судна «Паром-Модерн»
Fig. 6. Appearance of the model of the ship «Parom-Modern»

Масштаб моделей определялся с учетом обеспечения подобия по числу Фруда [12].

В ходе испытаний рассматривались два случая нагрузки обоих судов – «порожнем» и «в полном грузу», т. е. при максимальном водоизмещении. Вследствие модернизации парома уменьшилось водоизмещение (в том числе из-за конструктивного уменьшения длины судна), исходя из этого изменилась и осадка модернизированного судна. В табл. 3 представлены основные характеристики испытываемых моделей.

Таблица 3. Характеристики испытываемых моделей
Table 3. Characteristics of the tested models

Характеристика	Исходный проект «ЭКО-Паром»		Модернизированное судно «паром-модерн»	
	«Порожнем»	«В полном грузу»	«Порожнем»	«В полном грузу»
Длина по КВл, м	2,41	2,43	2,40	2,42
Ширина по КВл, м	0,782	0,800	0,779	0,792
Осадка судна	0,129	0,148	0,125	0,139
Площадь смоченной поверхности, м ²	21,2	22,8	20,9	22,0

На рис. 7 и 8 представлены фотографии с момента проведения испытаний на встречном регулярном волнении.



Рис. 7. Испытание модели «ЭКО-Паром» при осадке, эквивалентной 1,78 м натурального судна, на встречном волнении, высоте 1,2 м и длине 1,0 L

Fig. 7. Testing the "Eco-Parom" model with a draft equivalent to 1,78 m of a full-scale vessel, on a head wave equivalent to a height of 1,2 m and a length of 1,0 L



Рис. 8. Испытание модели «Паром-Модерн» при осадке, эквивалентной 1,5 м натурального судна, на встречном волнении, высоте 1,2 м и длине 1,0 L

Fig. 8. Testing of the "Parom-Modern" model with a draft equivalent to 1,50 m of a full-scale vessel, on a head wave equivalent to a height of 1,2 m and a length of 1,0 L

Диапазон скоростей при буксировке модели составляет 0,523 м/с; 0,627 м/с; 0,732 м/с; 0,840 м/с; 0,940 м/с, что соответствует скоростям 5,56 км/ч; 7,41 км/ч; 9,26 км/ч; 11,1 км/ч; 13,0 км/ч натурного судна.

В качестве расчетных волн были взяты три характерные волны. Их высота определяется требованиями Правил РКО [3], части «Классификация». Длина волны принята исходя из наиболее опасного случая, когда она пропорциональна длине судна. Характеристики волн представлены в табл. 4. Тарировка моделей для опытов с продольной качкой была выполнена согласно методике [13].

Таблица 4. Характеристики волн

Table 4. Wave characteristics

№ волны	Высота волны	Длина волны
1	1,2 м	1,0 L
2	1,2 м	1,2 L
3	0,75 м	1,2 L

Примечание: L – длина судна по ватерлинии.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Поскольку целью проведения указанных модельных испытаний явилось сравнение модернизированного корпуса судна относительно исходного («ЭКО-Парома»), было выполнено несколько циклов испытаний – на тихой воде и регулярном встречном волнении (курсовой угол волнения (КУВ) = 180 градусов).

Для возможности качественного сравнения обводов корпуса судна по результатам испытаний построены зависимости изменения коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда в двух случаях нагрузки – «порожнем» (рис. 9) и «в полном грузу» (рис. 10).

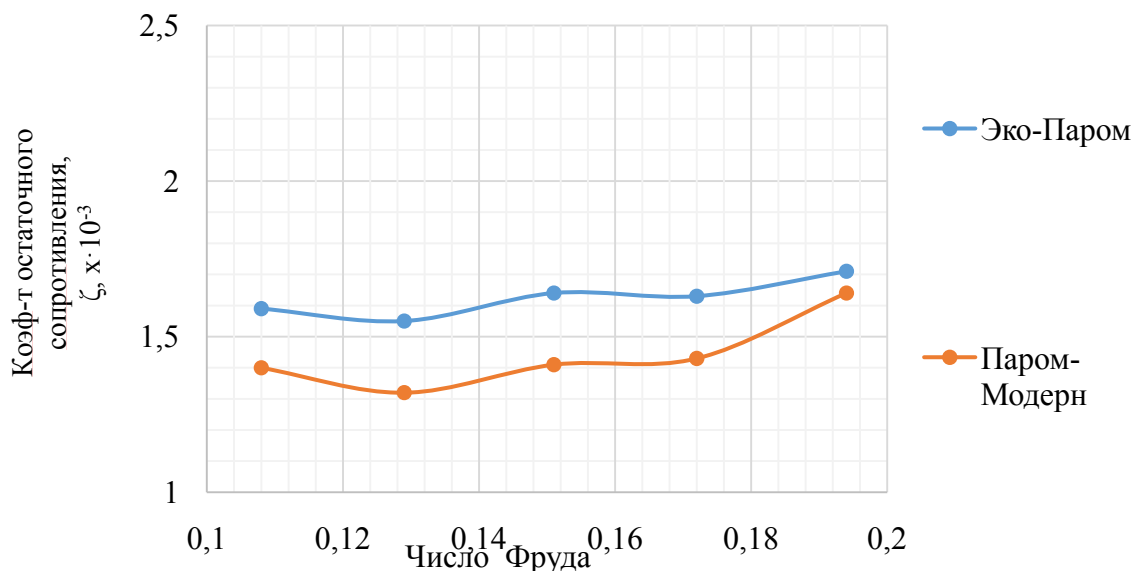


Рис. 9. Зависимость коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда в случае нагрузки «порожнем»

Fig. 9. Dependence of the coefficient of residual resistance on the Froude number, in the case of an "empty" load

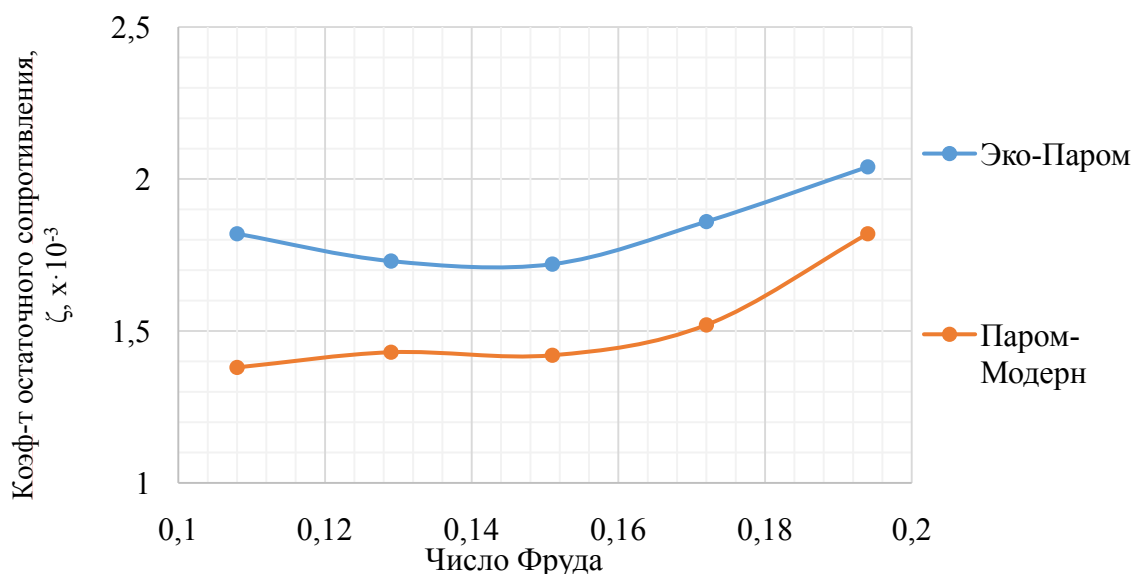


Рис. 10. Зависимость коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда в случае нагрузки «в полном грузу»

Fig. 10. Dependence of the coefficient of residual resistance on the Froude number, in the case of the load "full load"

Полученные зависимости могут быть использованы для пересчета буксировочного сопротивления натурного судна, а также для определения необходимой буксировочной мощности на эксплуатационной скорости хода.

Остаточное сопротивление – это характеристика, получаемая вычитанием из полного сопротивления (замеренного непосредственно в процессе эксперимента) и вязкостного сопротивления трения, рассчитываемого через коэффициент трения эквивалентной пластины (зависящий от площади смоченной поверхности). Таким образом, зависимость безразмерных величин коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда позволяет качественно сравнить оба корпуса судна.

Согласно результатам эксперимента, проведенного на тихой воде, значение коэффициента остаточного сопротивления у модернизированного корпуса уменьшилось на 14–17 %. Данный эффект можно объяснить меньшим влиянием носовой подпорной волны, образующейся при движении судна: у исходного судна «ЭКО-Паром» носовая подпорная волна «находила» на днищевую обшивку в надводной части оконечности судна, находящейся в непосредственной близости от свободной поверхности. В модернизированном корпусе судна, за счет отсутствия развитых свесов в оконечностях, носовая подпорная волна в значительно меньшей степени контактирует с корпусом, что и позволяет достигнуть положительного результата.

По полученным данным, в ходе буксировочных испытаний на встречном волнении построены графики буксировочного сопротивления натурного судна от скорости хода, а также зависимости слеминга от скорости судна. Характерные зависимости представлены на рис. 11 и 12 в соответствующих случаях нагрузки. Остальные результаты исследований показаны в [11].

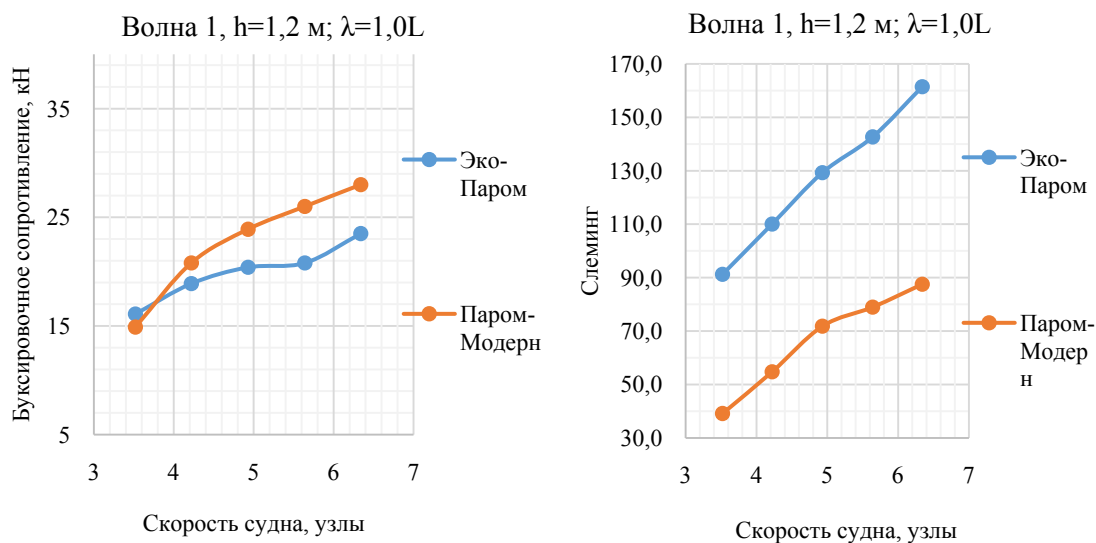


Рис. 11. Результаты испытаний на встречном волнении судна «порожнем»
Fig. 11. The results of tests on the head waves of the «empty» vessel

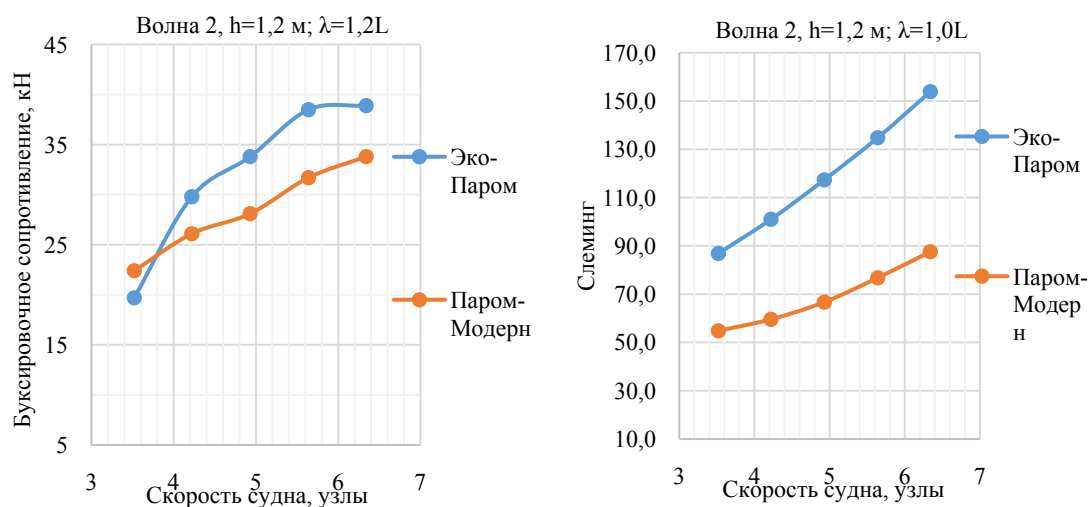


Рис. 12. Результаты испытаний на встречном волнении судна «в полном грузу»
Fig. 12. The results of tests on the head waves of the «fully load» vessel

Представленные зависимости показывают явное преимущество модернизированного паром над его прототипом [14], однако в некоторых случаях, описанных в [11], модернизированные обводы увеличивают буксировочное сопротивление.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показывает анализ полученных данных буксировочных испытаний, в большинстве случаев паром с модернизированными обводами имеет преимущества перед судном-прототипом, на тихой воде коэффициент остаточного сопротивления удалось снизить на 8 % в случае нагрузки «порожнем» и на 17 % – в случае нагрузки «в полном грузу».

Испытания на встречном регулярном волнении показали, что независимо от случая нагрузки модернизированные обводы судна позволяют снизить носовой слеминг с 9,12 % до 48 % по сравнению с судном-прототипом.

Однако необходимо отметить, что в некоторых случаях буксировочное сопротивление судна-прототипа меньше, чем судна с новыми обводами. Например, у модернизированного судна «порожнем» описанная характеристика увеличивается на 12,8 %, зато новые обводы при осадке «в полном грузу» дадут преимущество в снижении данной характеристики в диапазоне от 7,21% до 21,7%.

Таким образом, основываясь на результатах модельных испытаний, можно полагать, что модернизированные обводы среднемагистрального парома окажут ряд преимуществ, а также снизят влияние описанных отрицательных факторов судна-прототипа.

Список источников

1. Регистровая книга Российского классификационного общества: справочник. Москва, 2023. 6764 с.
2. Техническое задание на ОКР «Создание среднемагистрального автомобильно-пассажирского экологически чистого парома на электроходу». Москва: МинПромТорг РФ, 2019. 11 с.
3. Правила классификации и постройки судов. Часть 0 «Классификация» // Российское классификационное общество. Москва, 2019. URL: <https://rfclass.ru/assets/Uploads/PKPS.pdf?t=321> (дата обращения: 18.05.23).
4. Курдюмов В. А., Тряскин В. Н., Хейсин Д. Е. Определение ледовой нагрузки и оценка ледовой прочности корпусов транспортных судов // Труды ЛКИ: Ледо-проходимость и ледовая прочность морских судов. 1979. С. 3–12.
5. Построение теоретического чертежа корпуса судна: учеб. пособие / Н. А. Мытник [и др.]. Комсомольск-на-Амуре: КНАПИ, 1992. 86 с.
6. Методические рекомендации по устройству, ремонту, содержанию и эксплуатации паромных переправ и наплавных мостов: отраслевой дорожный методический документ // Москва: Федеральное дорожное агентство (РосАвтоДор), 2013. 144 с.
7. 204-ЛМКС.000.001-МИ «Буксировочные испытания моделей судов. Методика». Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. 48 с.
8. ITTC – Recommended Procedures and Guidelines. Testing and Extrapolation Methods Resistance. Resistance Test №7.5-02-02-01. International Towing Tank Conference. 2002. 11 с. URL: <https://ittc.info/media/1816/75-02-02-01.pdf>. (дата обращения: 12.05.23).
9. Тензодатчики для экспериментальных исследований / Н. П. Клокова [и др.]. Москва: Машиностроение, 1972. 152 с.

10. 204-11-ЛМКС.000.030.ПС «Комплексы измерительно-вычислительные МИС. Руководство по эксплуатации». Мытищи: НПП «Мера», 2014. 146 с.
11. Белоусов В. А. Проект модернизации среднемагистрального автомобиле-пассажирского парома. Магистерская диссертация. Калининград, 2023. 234 с.
12. Справочник по теории корабля: в трех томах. Том 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители / под ред. Я. И. Войткунского. Л.: Судостроение, 1985. 768 с.
13. Методика тарировки модели судна для опытов с продольной качкой: инструкция // Калининград: Научно-исследовательский центр судостроения ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. 4 с.
14. Технический отчет по результатам модельных испытаний парома. ОКР «Создание среднемагистрального автомобильно-пассажирского экологически чистого парома на электроходе, шифр «ЭКО-Паром». Калининград: Научно-исследовательский центр судостроения ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. 76 с.

References

1. *Registrovaya kniga Rossiyskogo klassifikatsionnogo obshchestva: spravochnik* [Registry book of Russian Classify Society: handbook]. Moscow, 2023, 6764 p.
2. *Tekhnicheskoe zadanie na OKR «Sozdanie srednemagistral'nogo avtomobil'no-passazhirskogo ekologicheski chistogo paroma na elektrokhodu»* [Technical specifications for development work Creation of a medium-haul automobile-passenger environmentally friendly ferry on an electric ship]. Moscow, MinPromTorg RF, 2019, 11 p.
3. *Pravila klassifikatsii i postroyki sudov. Chast' 0 "Klassifikatsiya"* [Rules for the classification and construction of ships. Part 0 "Classification"]. Rossiyskoe klassifikatsionnoe obshchestvo, Moscow, 2019. 48 p. Available at: <https://rfclass.ru/assets/Uploads/PKPS.pdf?t=321> (Accesed 18 May 2023).
4. Kurdyumov V. A., Tryaskin V. N., Kheysin D. E. *Opredelenie ledovoy nagruzki i otsenka ledovoy prochnosti korpusov transportnykh sudov* [Determination of ice load and ice strength of buildings at industrial enterprises]. Trudy LKI, Ledoprokhodimost' i ledovaya prochnost' morskikh sudov, 1979, pp. 3–12.
5. Mitnik N. A [i dr.] *Postroenie teoreticheskogo chertezha korpusa sudna: uchebnoe posobie* [Construction of a theoretical drawing of the ship hull: textbook]. Komsomol'sk na Amure, KnAPI Publ., 1992, 86 p.
6. *Metodicheskie rekomendatsii po ustroystvu, remontu, soderzhaniyu i ekspluatatsii paromnykh pereprav i naplavnykh mostov: otraslevoy dorozhnyy metodicheskiy dokument* [Methodological recommendations for the construction, repair, maintenance and operation of ferry crossings and floating bridges: industry road methodological document]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (RosAvtoDor) Publ, 2013, 144 p.
7. 204-LMKS.000.001-MI «Buksirovочные испытания моделей судов. Методика» [Towing tests of ship models. Methodology]. FGBOU VO "KGTU", Kaliningrad, 2019. 48 p.
8. ITTC – Recommended Procedures and Guidelines. Testing and Extrapolation Methods Resistance. Resistance Test №7.5-02-02-01. International Towing Tank

Conference. 2002. 11 p. Available at: <https://ittc.info/media/1816/75-02-02-01.pdf>. (Accessed 12 May 2023).

9. Klokova N. P. [i dr.]. *Tenzodatchiki dlya eksperimental'nykh issledovaniy* [Strain gauges for experimental research]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1972, 152 p.

10. 204-11-LMKS.000.030.PS Kompleksy izmeritel'no-vychislitel'nye MIC. Rukovodstvo po ekspluatacii [Measuring and computing complexes MIC. Manual]. Mytishchi, NPP Mera, 2014, 146 p.

11. Belousov V. A. *Proekt modernizatsii srednemagistral'nogo avtomobile-passazhirskogo paroma. Magisterskaya dissertatsiya* [Modernization project of a medium-haul passenger car ferry. Master's dissertation]. Kaliningrad, 2023, 234 p.

12. *Spravochnik po teorii korablya v trekh tomakh. Tom 1. Gidromekhanika. Soprotivlenie dvizheniyu sudov. Sudovye dvizhiteli* [Handbook of ship theory: in three volumes. Volume 1. Fluid mechanics. Ship resistance. Ship propulsors]. Pod red. Ya. I. Voikunskogo. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1985, 768 p.

13. Metodika tarirovki modeli sudna dlya opytov s prodol'noy kachkoy: instruktsiya [Method for calibrating a ship model for experiments with pitching: instructions]. Kaliningrad, Nauchno-isslevatel'skiy tsentr sudostroeniya FGBOU VO «KGTU», 2017, 4 p.

14. Tekhnicheskiiy otchet po rezul'tatam model'nykh ispytaniy paroma. OKR «Sozдание srednemagistral'nogo avtomobil'no-passazhirskogo ekologicheskii chistogo paroma na elektrokhodu, shifr «eko-parom» [Technical report on the results of model tests of the Ferry. EDW "Creation of a medium-haul automobile-passenger environmentally friendly ferry on an electric ship, code ECO-Ferry]. Kaliningrad, Nauchno-isslevatel'skiy tsentr sudostroeniya FGBOU VO «KGTU», 2020, 76 p.

Информация об авторах

В. А. Белоусов – инженер-конструктор Научно-исследовательского центра судостроения

С. В. Дятченко – доктор технических наук, доцент кафедры судостроения, судоремонта и морской техники

Information about the authors

V. A. Belousov – design engineer of the Shipbuilding Research Center

S. V. Dyatchenko – Doctor of Engineering, associate professor of the Department of shipbuilding, ship repair and marine engineering

Статья поступила в редакцию 19.09.2023; одобрена после рецензирования 18.10.2023; принята к публикации 19.10.2023.

The article was submitted 19.09.2023; approved after reviewing 18.10.2023; accept for publication 19.10.2023.