

ОЦЕНКА ВОЛНООБРАЗОВАНИЯ БОЛЬШЕГРУЗНОГО КАТАМАРАНА С РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМАМИ ВНУТРЕННЕГО БОРТА

Е.Ю. Чебан

Волжский государственный университет водного транспорта,

г. Нижний Новгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-0983-9879>

О.В. Мартемьянова

Волжский государственный университет водного транспорта,

г. Нижний Новгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-9013-8510>

С.Г. Митрошин

Волжский государственный университет водного транспорта,

г. Нижний Новгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-9880-6720>

Н.Е. Зотова

Волжский государственный университет водного транспорта,

г. Нижний Новгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2323-1170>

А.В. Логвинов

Волжский государственный университет водного транспорта,

г. Нижний Новгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-4613-6662>

Аннотация. Выполнено исследование численными методами волнообразования и сопротивления для большегрузного водоизмещающего катамарана в диапазоне чисел Фруда от 0,181 до 0,3 и диапазоне относительных клиренсов от 0,3 до 0,55. Использовались симметричные корпуса и корпуса с внутренним плоским бортом, разработанные на основе типовых обводов М.Я. Алферьева. Высоты корабельных волн, генерируемые корпусами катамаранов, и их сопротивления сравнивались с соответствующими результатами моделирования для крупного однокорпусного судна с шириной корпуса, равной общей ширине катамарана. Численное моделирование выполнялось в пакете FineMarine™. Получено, что сопротивление и высоты волн от однокорпусного судна и катамарана с плоским внутренним бортом превышают сопротивление и высоты волн катамарана с симметричными корпусами.

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, CFD, катамаран, буксировочные испытания, корабельные волны, интерференция волн, NUMECA FINE/Marine™, относительны клиренс

Введение

Современные условия требуют повышенных скоростей доставки грузов большегрузными судами на внутренних водных путях. Как показывает анализ литературы [1–6], одним из способов решения данной проблемы может быть использование большегрузных катамаранов, что позволит обеспечить более высокие скорости движения при допустимой высоте генерируемой судом корабельной волны.

Результаты исследования гидродинамических характеристик катамаранов приведены в работах большого числа авторов. В частности, разработкой методов расчета волнового сопротивления занимались Millward [6, 10], Костюков А.А., Ляховицкий А.Г., Дубровский В.Г. [6], Войткунский Я.И. [6]. Необходимо отметить, что большое число выполненных исследований относится к движению морских катамаранов при высоких скоростях движения и, соответственно, высоких чисел Фруда ($Fr > 0.35 \dots 0.40$).

Для речных катамаранов, использующихся на внутренних водных путях (ВВП), необходимо выделить экспериментальные работы Алферьева М.Я. [7] по исследованию сопротивления катамаранов в зависимости от относительной длины L/B , расстояния между корпусами и ограниченных глубин, использованные при постройке серий грузовых и пассажирских речных катамаранов длиной от 40 до 95 м и скоростью хода до 27 км/ч.

Волновое сопротивление катамаранов зависит в том числе от волновых процессов, происходящих между их корпусами. Как показывают работы A. Souto-Iglesias, R. Zamora-Rodriguez, D. Fernandez-Gutierrez и L. Perez-Rojas [10], при $Fr \sim 0.3$ фактор интерференции может приобретать отрицательное значение, что может свидетельствовать о благоприятной интерференции волн и снижении волнового сопротивления.

В то же время использование только экспериментальных методов не позволяет получить полную информацию о характере гидродинамических процессов, происходящих при движении судов, в первую

очередь, о распределении давлений по корпусу, а также в междукорпусном пространстве катамаранов. Для получения подобной информации целесообразно использовать методы вычислительной гидродинамики (CFD). Выполненные ранее исследования [14] показали адекватность использования различных программных продуктов при определении гидродинамических характеристик различных типов судов. Н.В. Moraes, J.M. Vasconcellos, R.G. Latorre в работе [9] численными методами исследовали влияние относительных размеров катамарана на сопротивление и волнообразование двух сдвоенных теоретических корпусов Wigley при $0.2 > Fr > 1$, $L=40$ м, $L/h=2-6$. В 2007 г. Md. Shahjada Tarafder, Kazuo Suzuki [11] с помощью численного метода решения уравнений для свободной поверхности были выполнены аналогичные исследования для глубокой воды.

Результаты исследований показывают [7–13], что при любом относительном клиренсе в очень узком диапазоне малых чисел Фруда до 0,3 коэффициент остаточного сопротивления может отличаться в два раза [6,14]. С другой стороны, колебания этих значений гораздо меньше их максимальных значений при $Fr=0.45...0.50$ и меньше их в 3–6 раз при различных относительных глубинах. При $Fr < 0,5$ кривые при разных относительных клиренсах имеют значительные модуляции, а при $Fr > 0.5$ имеют вид стройного ансамбля кривых [7]. Для большегрузных катамаранов для ВВП [4–6, 14] необходимо выдерживать докритические значения чисел Фруда ($Fr < 0.3$) с учетом благоприятной интерференции волн и относительной глубины в диапазоне $L/h=21-14$.

Таким образом, при исследовании гидродинамики, в первую очередь, сопротивления и волнообразования катамаранных судов в условиях ВВП России можно ограничиться диапазоном чисел Фруда до значения 0.3 (рис. 1).

Целью настоящей работы является определения сопротивления и высот корабельных волн при движении большегрузного катамарана с симметричными корпусами и корпусами с плоским внутренним бортом методами вычислительной гидродинамики.

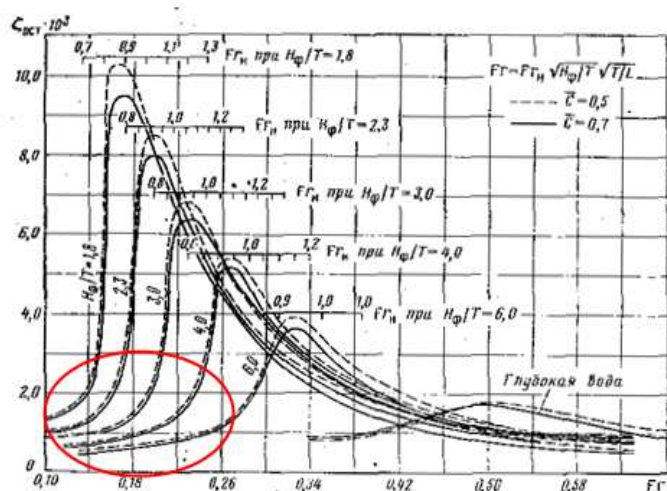


Рис. 1. График коэффициента остаточного сопротивления речных катамаранов по М.А. Альферьеву с указанием диапазона чисел Фруда для большегрузного катамарана

1. Численное моделирование буксировочных испытаний

Для численного моделирования использовалась геометрия корпусов большегрузных катамаранов на основе типовых обводов катамаранов М.Я. Алферьева, характеристики которых приведены в табл. 1. Для исследования процессов интерференции волн между корпусами катамаранов было выполнено сравнение сопротивления и волнообразования катамаранов с симметричными обводами (рис. 2) и катамаранов с плоским внутренним бортом (рис. 4). Кроме того, было проведено контрольное моделирование водоизмещающего судна с геометрическими характеристиками, близкими к большегрузному катамарану (рис. 5).

Для моделирования использовался программный комплекс FineMarine™, предназначенный для решения задач корабельной гидродинамики, в том числе определения гидродинамических характеристик водоизмещающих и скоростных судов. Возможность использования FineMarine™ для моделирования гидродинамики многокорпусных судов показана в работах [14].

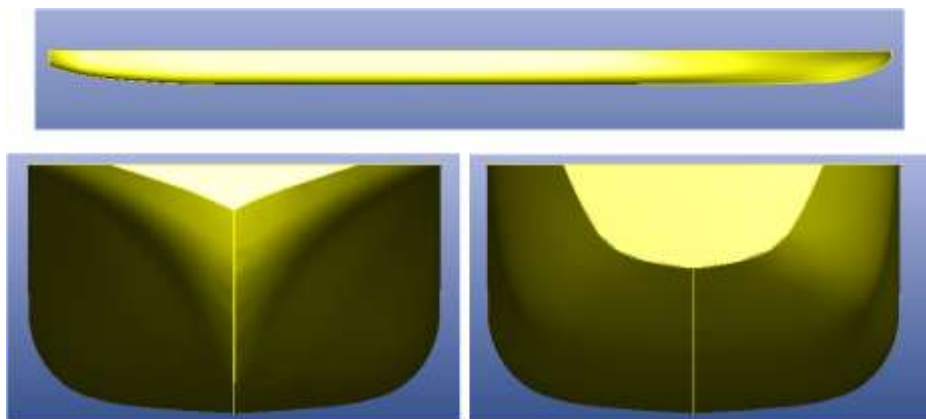


Рис. 2. Симметричный корпус катамарана

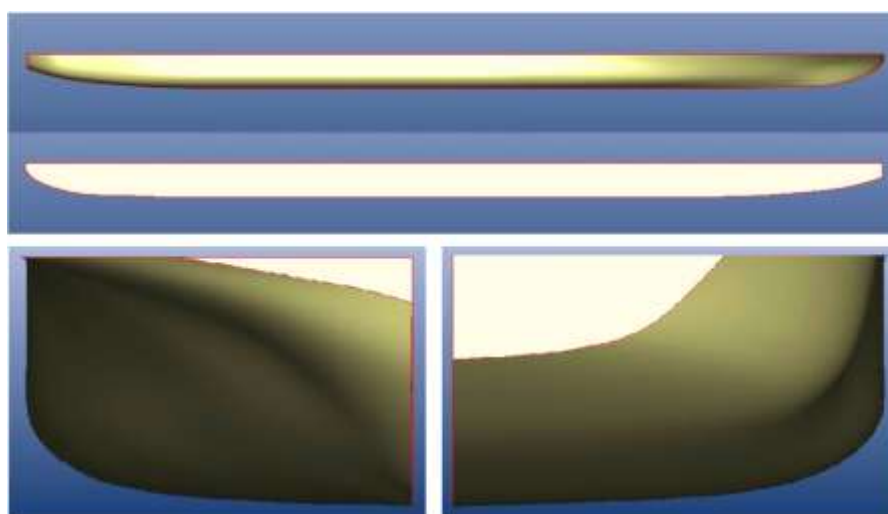


Рис. 3. Корпус катамарана с плоским внутренним бортом

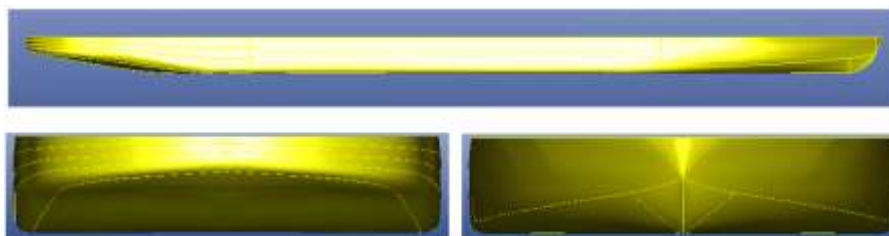


Рис. 4. Корпус водоизмещающего судна

Таблица 1

Параметры корпусов судов

	Катамаран с симметричными корпусами			Катамаран с плоским внутренним бортом			Водоизмещающее судно
	28	27	26	28	27	26	
Длина по КВЛ, м	150						150
Ширина по КВЛ, м	28	27	26	28	27	26	28
Ширина одного корпуса, м	10	9		10	9		28
Осадка по КВЛ, м	2,8			2,8			2,8
Высота борта, м	6			6			6
Относительный клиренс	0,3; 0,35; 0,4; 0,44; 0,5; 0,55						-
Скорость, м/с	7; 7,5; 8,1; 8,6; 9,17; 11,7						
Числа Фруда	0,181; 0,193; 0,21; 0,222; 0,237; 0,302						

Как было показано ранее [14], при моделировании катамаранов достаточно использовать только один корпус с соответствующими граничными условиями на гранях расчетного домена (рис. 5), при которых обеспечивается равенство нулю нормальных и касательных скоростей на виртуальной стенке. Размеры расчетного домена выбирались на основании [16, 17] в зависимости от натуральных размеров судов и были постоянными для всех расчетных случаев.

Для построения неструктурированной расчетной сетки использовался модуль HEXPRESS™. Учет трения в водоизмещающем режиме движения катамарана обеспечивался подсеточным разрешением пограничного слоя – 20–22 при $y^+=30$ [17, 18]. Т.к. целью работы являлось определение высот корабельных волн, было выполнено локальное измельчение сетки в области их возникновения и распространения как вблизи корпуса, так и между корпусами в виде сектора (рис. 5). Общее количество ячеек составило от 4,2 млн. ячеек до 4,9 млн. ячеек, что обусловлено разными размерами корпусов и различным расстоянием между ними. Вид расчетной сетки показан на рис. 6.

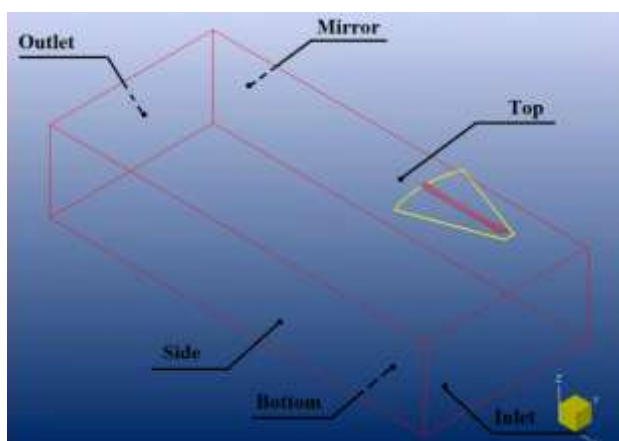


Рис. 5. Корпус водоизмещающего судна

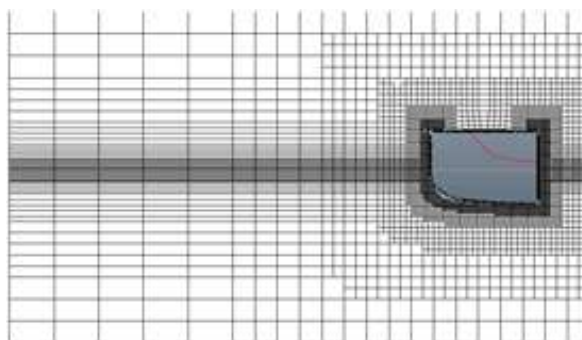


Рис. 6. Расчетная сетка

Параметры расчетной сетки приведены в табл. 2, настройки решателя – в табл. 3. Общее количество расчетных вариантов составило 78.

Таблица 2

Параметры расчетной сетки

	Параметр сетки	Значение
1.	Начальная сетка (x:y:z):	25:20:10
2.	Адаптация:	
	транцы	6
	борта	7
	палубы	4
3.	Свободная поверхность	8, (16.8: 16.8: 0,3166 0,13125);
4.	Адаптация волновой поверхности	8 (4,2:4,2:0,13125);
6.	y^+	30

Таблица 3

Параметры расчета

	Параметр	Значение
1.	Количество степеней свободы	1 – движение вперед
2.	Постановка	стационарная задача
3.	Схема дискретизации по времени:	2 порядка назад
4.	Модель турбулентности	K- ω SST модель турбулентности с пристеночными функциями, EASM
5.	Разгонный участок [с]	14-28 сек.
6.	Параметры среды:	вода (24.5°): - молекулярная вязкость: 1.22 (Па·с) x 10 ⁻³ - плотность: 999.07 кг/м ³ воздух (20°): - молекулярная вязкость: 1.85 (Н·с/м ²) x 10 ⁻⁵ - плотность: 1.2 кг/м ³

2. Анализ результатов

На графиках рис. 7–9 приведены результаты численного моделирования сопротивления и волнообразования в зависимости от числа Фруда и относительного клиренса. Черной штрихпунктирной линией для сравнения показаны высоты волн однокорпусного судна шириной 28 м. и длиной 150 м. Высоты волн определялись по высоте волны носового и кормового буруна.

Из рассмотрения графиков видно, что кривые разделяются на две группы: для симметричного корпуса и корпуса с плоским внутренним бортом. При этом сопротивление и высота волны для катамарана с плоским внутренним корпусом ожидаемо получились выше. В случае малых чисел Фруда до 0.193 крупное однокорпусное генерирует меньшую по высоте волну, чем катамаран с плоским внутренним бортом. В то же время из рис. 8 видно, что высоты волн такого катамарана колеблются в очень широких пределах, т.е. увеличение высоты волн, как и сопротивления, обусловлено процессами, происходящими в междукорпусном пространстве. На рис. 9 для примера показана форма волновой поверхности для обоих типов корпусов. Максимальная высота волны, генерируемой катамаранами, оказывается не в носовой, а в кормовой части, что может свидетельствовать о неблагоприятной интерференции волн.

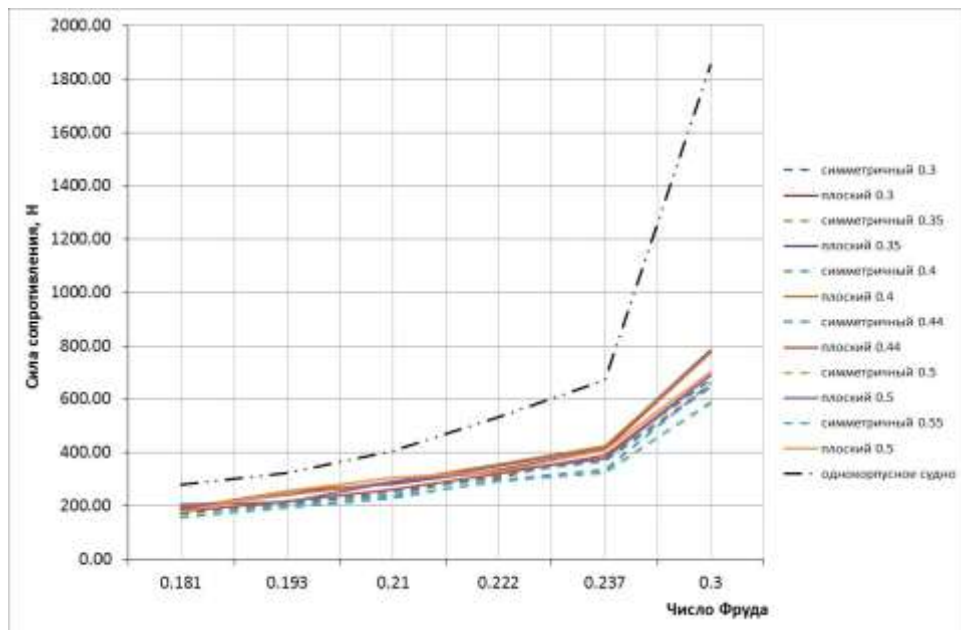


Рис. 7. Зависимость сопротивления от числа Фруда для двух вариантов корпуса катамарана при различном относительном клиренсе

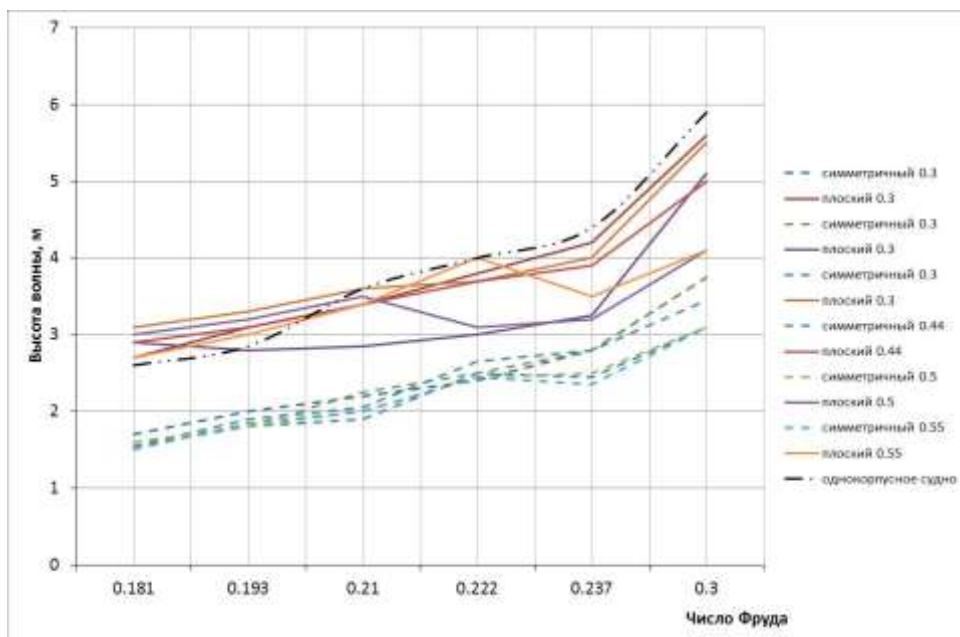


Рис. 8. Зависимость высоты волны от числа Фруда для двух вариантов корпуса катамарана при различном относительном клиренсе

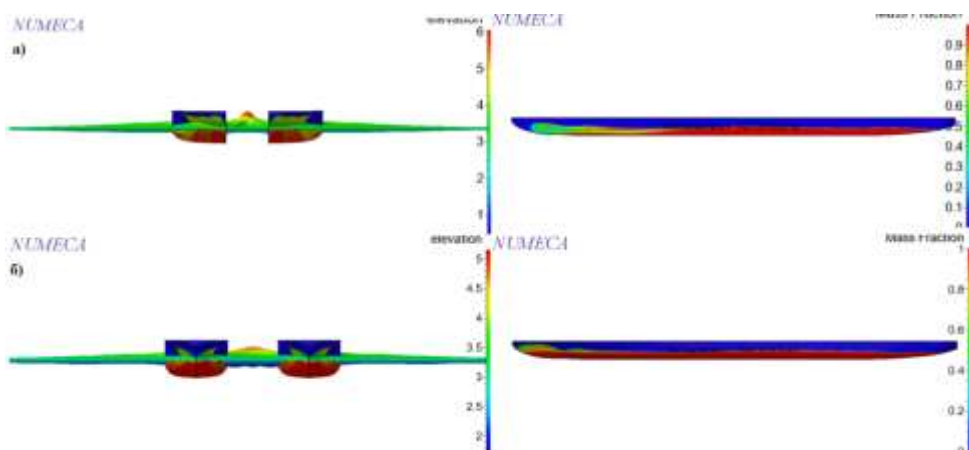


Рис. 9. Форма волновой поверхности для катамарана с плоским внутренним бортом (а) и симметричным корпусом (б) при $Fr=0,3$

При большом относительном клиренсе и высоких числах Фруда, высота волны для обоих типов корпусов снижается (рис. 10 и 11). Однако необходимо отметить, что для корпуса с плоским внутренним бортом на рис. 11 существуют минимумы высот волн при $Fr > 0,181$ и относительных клиренсах 0,35 и 0,5, что также может быть вызвано процессами трансформации волн между корпусами. Разница в высотах волн составляет 1–1,5 метра. Данный вопрос требует дальнейшей проработки, в частности, ввода условия обрушения волн.

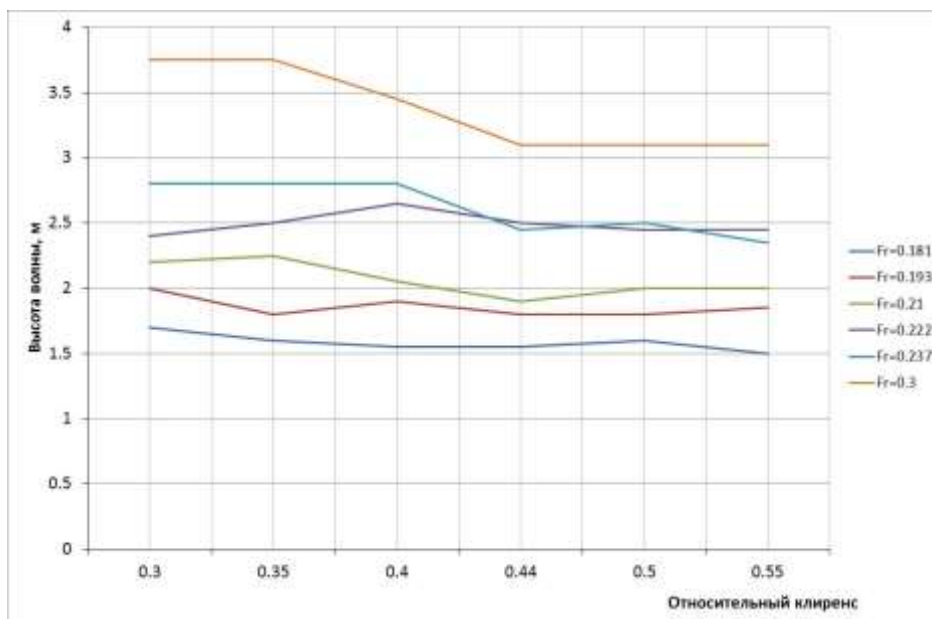


Рис. 10. Зависимость высоты волны от числа Фруда при различном относительном клиренсе для катамарана с симметричным корпусом

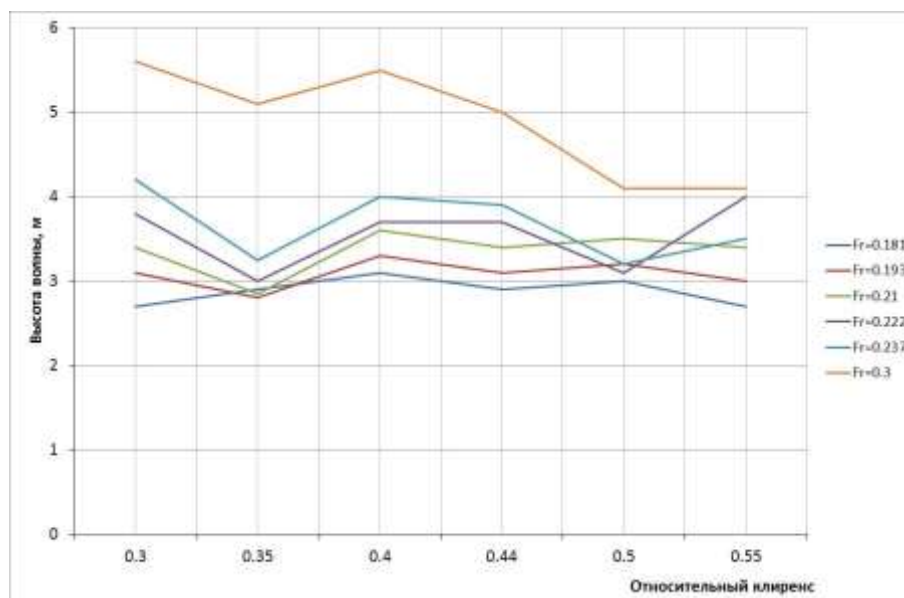


Рис. 11. Зависимость высоты волны от числа Фруда при различном относительном клиренсе для катамарана с плоским внутренним бортом

В целом, можно предполагать, что корпуса большегрузных катамаранов с плоским внутренним бортом обладают большим сопротивлением не только при числах Фруда больше 1, но и при более низких значениях. В то же время, сопротивление и волнообразование у катамаранных судов при $Fr > 0,22$ ниже, чем у однокорпусного судна с одинаковой шириной и длиной.

3. Заключение

С помощью пакета вычислительной гидродинамики FineMarine™ выполнено исследование сопротивления и высот волн для большегрузного катамарана с различными формами корпуса: симметричным и корпусом с плоским внутренним бортом. Для сравнения было выполнено аналогичное моделирование для однокорпусного судна с размерениями, соответствующими размерениям большегрузного катамарана. Получено, что высоты волн и сопротивление ниже у катамарана с симметричными корпусами при числах Фруда в диапазоне 0,181-0,3 и относительных клиренсах 0,3-0,55.

Авторы статьи благодарят д.т.н., проректора по научной работе ФГБОУ ВО «СПбГМТУ» Д.В. Никущенко за помощь при выполнении исследований.

Список литературы:

1. Этин В.Л., Лукина Е.А., Милавин С.А. «Проектирование речных скоростных грузовых накатных судов катамаранного типа». / 12-ый междунар. научно-промышленный форум «Великие реки-2010»: Труды конгресса. Т.2. Н. Новгород, Нижегород. госуд. архит.-строит. ун-т – Н. Новгород: НГАСУ, 2011. – С. 37–44.
2. Лукина Е.А., Битков Д.А. Оценка допустимой высоты волны от большегрузных накатных судов катамаранного типа при эксплуатации в Волжско-Камском бассейне./Вестник ВГАВТ. – Н.Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2011. - Вып. 27. – С. 159–164.
3. Этин В.Л., Лукина Е.А., Митрошин С.Г., Сироткин Е.М. Результаты сравнения параметров корабельных волн от судов различных типов с помощью модельных испытаний. / Труды 16-го международного научно-промышленного форума «Великие реки – 2014». Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, специалистов и студентов «Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек». Т. 1. – Н. Новгород: изд-во ФГБОУ ВО «ВГАВТ», 2014. 330 с.
4. Лебедева М.Н. Катамаран в русле больших скоростей // Мир транспорта, т. 14, № 2, С. 38–47 (2016).
5. Кузьмичёв И.К., Лукина Е.А., Митрошин С.Г., Чебан Е.Ю. Оценка волнообразования большегрузного катамарана для внутренних водных путей // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 3. № 4 (38). С. 99–105.
6. Лукина Е.А. Анализ литературы по исследованию минимального сопротивления большегрузных катамаранов внутреннего плавания [электронный ресурс] // Труды 15-го международного научно-промышленного форума «Великие реки-2013» (15–18 мая 2013 г.). Выпуск 2013. С. 287–291. – Режим доступа : <http://wf-река-море.pdf/2013/PDF/91.pdf>, свободный.
7. Алферьев М.Я. Транспортные катамараны внутреннего плавания / М.Я. Алферьев, Г.С. Мадорский. – М.: Транспорт, 1976. – 336 с.
8. Souto-Iglesias A., Zamora-Rodriguez R., Fernandez-Gutierrez D. и Perez-Rojas L. Analysis of the wave system of a catamaran for CFD validation. *Experimental Fluids* (2007) 42:321–332 DOI 10.1007/s00348-006-0244-4
9. Moraes H.B., Vasconcellos J.M., Latorre R.G.. Wave resistance for high-speed catamarans. *Ocean Engineering* 31 (2004) 2253–2282
10. Millward A., Sproston J.L. 1988. The prediction of the resistance of fast displacement hull in shallow water. Royal Institution of Naval Architects, Maritime Technology Monograph, No. 4.
11. MdShahjadaTarafdera, Kazuo Suzuki. Computation of wave-making resistance of a catamaran in deep water using a potential-based panel method. *OceanEngineering* 34 (2007) 1892–1900.
12. Riccardo Brogna, Stefano Zaghi, Andrea Di Mascio. Numerical simulation of interference effects for a high-speed catamaran. *J MarSciTechnol* (2011) 16:254–269./ DOI 10.1007/s00773-011-0132-3 [Численное моделирование интерференционного эффекта высокоскоростного катамарана. (Италия, 2011 г.)Режимдоступа : <http://www/sciencedirect.com>, свободный.]
13. Mizine I., Karafiath G., Queutey P., Visonneau M. Interference Phenomenon in Design of Trimaran Ship, FAST 2009, 2009.
14. Чебан Е.Ю., Лукина Е.А., Мартемьянова О.В., Кшталтная М.Н. Оценка сопротивления большегрузного катамарана численными методами // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2019. № 60. С. 122–132.
15. Многокорпусные суда / А.Н. Алексеев [и др.]; под ред. В.А. Дубровского. – Л.: Судостроение, 1978. – 304 с.
16. Theoretical Manual ISIS-CFD v3.1 Equipe Modélisation Numérique, Laboratoire de Mécanique des Fluides, CNRS-UMR 6598, Ecole Centrale de Nantes, B.P. 92101, 44321 Nantes Cedex 3, France.
17. User Manual FINE™/Marine v3.1, Documentation v3.1a NUMECA International, 187–189, Chaussée de la Hulpe 1170 Brussels, Belgium.
18. Афрамеев Э.А., Рабинович Я.С. Некоторые гидродинамические особенности катеров-катамаранов. / «Катера и Яхты», Л.: «Судостроение». 1977 г., №70. с. 56–58.

ESTIMATION OF THE WAVE FORMATION FOR EXTRA-CAPACITY CATAMARAN WITH VARIOUS FORMS OF INNER SIDES

Egor Yu. Cheban

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Olga V. Martemianova

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Sergey G. Mitroshin

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Natalia E. Zotova

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Alexei V. Logvinov

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The research was carried out by numerical methods of wave formation and resistance for an extra-capacity displacement catamaran in the range of Froude numbers from 0.181 to 0.3 and the range of relative clearance from 0.3 to 0.55. Symmetrical hulls and hulls with an inner flat side, developed on the basic lines of M. Ya. Alferiev were used. The ship wave heights generated by the hulls of the catamarans and their resistance were compared with the corresponding simulation results for a large mono-hull vessel with a hull width equal to the total width of the catamaran. Numerical simulation was performed in the FineMarine™ software package. It was found that the resistance and wave heights from a mono-hull vessel and a catamaran with a flat inner side exceed the resistance and wave heights of a catamaran with symmetrical hulls.

Keywords: *computer fluid dynamics, CFD, catamaran, towing test, ship waves, wave interference, NUMECA FINE / MarineTM, relative clearance*

References

1. Etin V.L., Lukina E.A., Milavin S.A. «Proektirovanie rechnykh skorostnykh gruzovykh nakatnykh sudov katamarannogo tipa». / 12-yy mezhdunar. nauchno-promyshlenny forum «Velikie reki-2010»:Trudy kongressa. T.2. N. Novgorod, Nizhegorod. gosud. arkhiv.-stroit. un-t – N. Novgorod: NGASU, 2011. – S.37-44.
2. Lukina E.A., Bitkov D.A. Otsenka dopustimoy vysoty volny ot bol'shegruznykh na-katnykh sudov katamarannogo tipa pri ekspluatatsii v Volzhsko-Kamskom bassejne./Vestnik VGAVT. – N.Novgorod: Izd-vo FGOU VPO VGAVT, 2011. -Vyp.27. – S.159-164.
3. Etin V.L., Lukina E.A., Mitroshin S.G., Sirotkin E.M. Rezul'taty sravneniya parametrov korabel'nykh voln ot sudov razlichnykh tipov s pomoshch'yu model'nykh ispytaniy. / Trudy 16-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki – 2014». Materi-aly nauchno-metodicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, spetsialistov i studentov «Problemy ispol'zovaniya i innovatsion-nogo razvitiya vnutrennikh vod-nykh putey v basseynakh velikikh rek». Tom 1. – N. Novgorod: izd-vo FGOU VO «VGAVT», 2014. 330 s.
4. Lebedeva M.N. Katamaran v rusle bol'shikh skorostey // Mir Transporta, tom 14, № 2, S. 38–47 (2016).
5. Kuzmichev I.K., Lukina E.A., Mitroshin S.G., Cheban E.Y. Evaluation of wave formation of a large cargo catamaran for inland waterways // Marine intelligent technologies. 2017. T. 3. № 4 (38). С. 99–105.
6. Lukina E.A. Analiz literatury po issledovaniyu minimal'nogo soprotivleniya bol'shegruznykh katamaranov vnutrennego plavaniya [elektronnyy resurs] // Trudy 15-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma «Velikie reki-2013» (15-18 maya 2013 g.). Vypusk 2013. S.287-291. – Rezhim dostupa : <http://vf-reka-more.rf/2013/PDF/91.pdf>, svobod-nyy.
7. Alfer'ev M.Ya. Transportnye katamarany vnutrennego plavaniya / M.Ya. Alfer'ev, G.S. Madorskiy. – M.: Transport, 1976. – 336s.
8. Souto-Iglesias A., Zamora-Rodriguez R., Fernandez-Gutierrez D. и Perez-Rojas L. Analysis of the wave system of a catamaran for CFD validation. *Experimental Fluids* (2007) 42:321–332 DOI 10.1007/s00348-006-0244-4
9. Moraes H.B., Vasconcellos J.M., Latorre R.G. Wave resistance for high-speed cat-amarans. *Ocean Engineering* 31 (2004) 2253–2282
10. Millward, A., Sproston, J.L., 1988. The prediction of the resistance of fast displacement hull in shallow water. Royal Institution of Naval Architects, Maritime Technology Mono-graph, No. 4.
11. Md Shahjada Tarafdera, Kazuo Suzuki. Computation of wave-making resistance of a catamaran in deep water using a potential-based panel method. *Ocean Engineering* 34 (2007) 1892–1900.
12. Riccardo Brogna, Stefano Zaghi, Andrea Di Mascio. Numerical simulation of interference effects for a high-speed catamaran. *J Mar Sci Technol* (2011) 16:254–269./ DOI 10.1007/s00773-011-0132-3 [Численное моделирование интерференционного эффекта высокоскоростного катамарана. (Италия, 2011 г.) Режим доступа : <http://www/sciencedirect.com>, свободный.]
13. Mizine I., Karafiath G., Queutey P., Visonneau M. Interference Phenomenon in De-sign of Trimaran Ship, FAST 2009, 2009.
14. Cheban E.Yu., Lukina E.A., Martmianova O.V., Kshtalnaya M.N. Ocenka soprotivleniya bol'shegruznogo katamarana chislennymi metodami // Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta. 2019. № 60. S. 122-132.
15. Mnogokorpusnye suda / A.N. Alekseev [i dr.]; pod red. V.A. Dubrovskogo. – L.: Su-dostroenie, 1978. – 304 s.
16. Theoretical Manual ISIS-CFD v3.1 Equipe Modélisation Numérique, Laboratoire de Mécanique des Fluides, CNRS-UMR 6598, Ecole Centrale de Nantes, B.P. 92101, 44321 Nantes Cedex 3, France.
17. User Manual FINE™/Marine v3.1, Documentation v3.1a NUMECA International, 187-189, Chaussee de la Hulpe 1170 Brussels, Belgium.
18. Aframeev E.A., Rabinovich YA.S. Nekotorye gidrodinamicheskie osobennosti katerov-katamaranov / «Katera i YAhty», L.: «Sudostroenie». 1977 g., №70. s. 56–58.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Чебан Егор Юрьевич

к.т.н., доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5. E-mail: egor.cheban.2@gmail.com

Мартемьянова Ольга Вадимовна

аспирант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5 e-mail: dovnn@yandex.ru

Митрошин Сергей Григорьевич

к.т.н., начальник управления научных исследований и инновационной деятельности, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5. mitroshin@vsawt.com

Egor Yu. Cheban

PhD., associate professor of the Department of Hydrodynamics, Ship Theory and ecological safety Mechanics, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951 Email: egor.cheban.2@gmail.com

Olga V. Martemianova

post graduate student Hydrodynamics, ship theory and ship's ecological safety department, Volga State University of Water Transport 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951 e-mail: dovnn@yandex.ru

Sergey G. Mitroshin

PhD, associate professor, Head of scientific research and innovative activity Department, Volga State University of Water Transport 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951 mitroshin@vsawt.com

Зотова Наталья Евгеньевна

магистрант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
willgelmena@yandex.ru

Логвинов Алексей Владимирович

магистрант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
alexpmhix@gmail.com

Natalia E. Zotova

master student Hydrodynamics, ship theory and ship's ecological safety department, Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951
willgelmena@yandex.ru

Alexei V. Logvinov

master student Hydrodynamics, ship theory and ship's ecological safety department, Volga State University of Water Transport
5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951
alexpmhix@gmail.com

Статья поступила в редакцию 12.05.2020 г.