«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ
ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА»
(«ВОЛГА 2020»)
Труды 5-й всероссийской научной конференции
Выпуск 3, 2020 г.

ISBN 978-5-901722-75-6

УДК 556

ОЦЕНКА ВООЛНООБРАЗОВАНИЯ КАТАМАРАННЫХ И ОДНОКОРПУСНЫХ СУДОВ

Зотова Наталья Евгеньевна, аспирант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов
Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Мартемьянова Ольга Вадимовна, аспирант кафедры теории корабля и строительной механики
Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Чебан Егор Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры теории корабля и строительной механики
Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. Выполнено сравнительное исследование волнообразования и сопротивления однокорпусного судна катамаран с симметричными корпусами и плоским внутренним бортом. Моделирование выполнено в диапазоне чисел Фруда от 0,181 до 0,3 для судов с соответственными главными размерениями на основе корпусов М.Я. Алферьева. Показано, что сопротивление, как и волнообразование корпусов с плоским внутренним бортом оказывается выше, чем у симметричного катамарана. Однокорпусное судно аналогичных размерений во всех случаях имеет большее сопротивление и высоты генерируемых волн, чем катамараны при тех же числах Фруда.

Ключевые слова: катамаран, водоизмещающее судно, корабельные волны, интерференция волн, NUMECA FINE/MarineTM, относительны клиренс.

Потребность в увеличении скорости доставки грузов на внутренних водных путях требует использования современного флота, например, как показано в различных работах, большегрузных катамаранов. Результаты различных исследований показывают, что катамаранные суда обеспечивают бóльшую скорость движения при допустимой высоте волны.

Исследованиям волнового сопротивления и гидродинамических характеристик посвящены работы Костюкова А.А., Ляховицкого А.Г., Дубровского В.Г. [2], Войткунского Я.И. [3], Millward [4], Работы многих других авторов выполнены для морских катамаранов со скоростями движения соответствующих числам Фруда (Fr > 0.35…0.40). На волновое сопротивление катамаранов оказывают влияние процессы

трансформации волн между их корпусами. Из работ A. Souto-Iglesias, R. Zamora-Rodrıguez, D. Fernandez-Gutierrez и L. Perez-Rojas [5] известно, что при Fr ~ 0.3 может наблюдаться снижение волнового сопротивления в силу благоприятной интерференции корабельных волн. Исследованиям гидродинамики речных катамаранов в зависимости от относительной длины L/B, расстояния между корпусами и ограниченных глубин участков ВВП посвящены работы Алферьева М.Я.[6]. Результаты подобных работ были реализованы в сериях грузовых и пассажирских речных катамаранов длиной от 40 до 95 м и скоростью хода до 27 км/ч [1].

В настоящее время информации, предоставляемой экспериментальными методами для исследования гидродинамических процессов, происходящих при движении судов в междукопусном пространстве катамаранов, в первую очередь о распределении давлений, не достаточно. Подобная информация может быть получена методами вычислительной гидродинамики (CFD). Исследования, выполненные ранее, доказали адекватность использования различных программных продуктов при определении гидродинамических характеристик различных типов судов [1].

В то же время, исследования волнового сопротивления и процессов трансформации волн для различных форм корпусов и относительных клиренсов речных катамаранов при числах Фруда меньше Fr < 0.3 не позволяют разработать методики проектирования подобных катамаранов и требуются дополнительные исследования.

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 [1] и последующего сравнения результатов.

Численное моделирование с помощью программного комплекса NIMECA/FineMarine выполнялось для геометрии корпусов большегрузных катамаранов, описанной в работах М.Я. Альферьева [6]. Было выполнено сравнение сопротивления и интерференции волн между корпусами катамаранов с симметричными обводами (рис.1) и с плоским внутренним бортом (рис. 2). Дополнительно выполнялось моделирование водоизмещающего судна с геометрическими характеристиками, близкими к характеристикам большегрузного катамарана (рис. 3).

Таблица 1

Параметры корпусов судов

	Катамаран с симметричными корпусами			Катамаран с плоским внутренним бортом			Водоизмещающее судно
Длина по КВЛ, м	150			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						

На рис. 4 и 5 представлены результаты численного моделирования в зависимости от числа Фруда и относительного клиренса. Высоты волн определялись по высоте носового и кормового буруна. Для сравнения показаны высоты волн однокорпусного судна с B=28 м и L=150 м (чёрная штрихпунктирная линия).

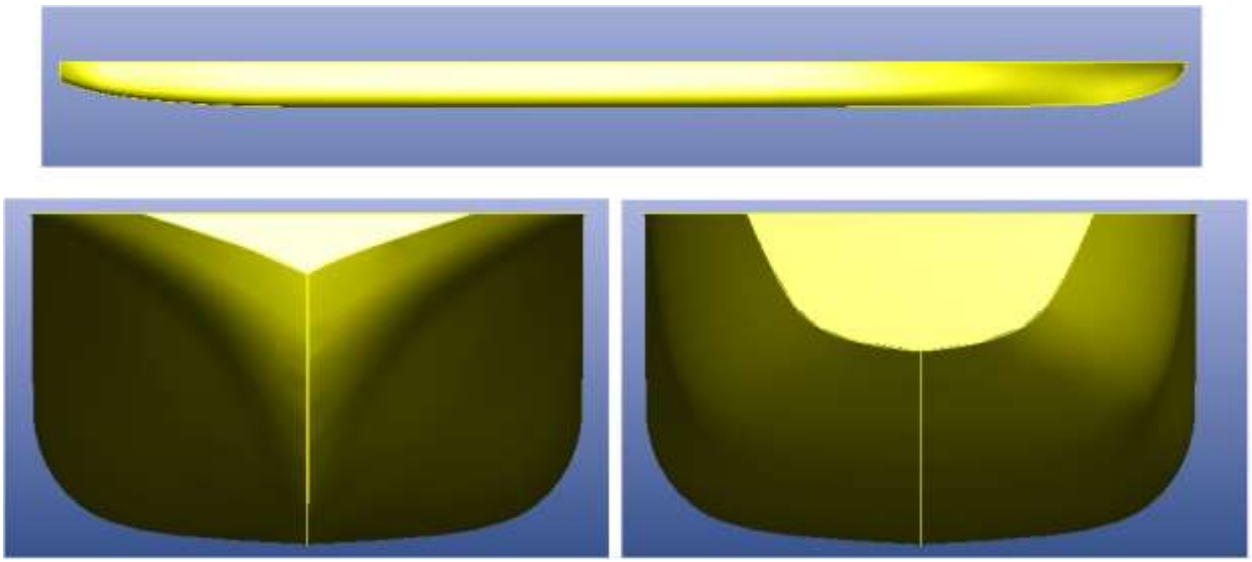

Рис. 1. Симметричный корпус катамарана

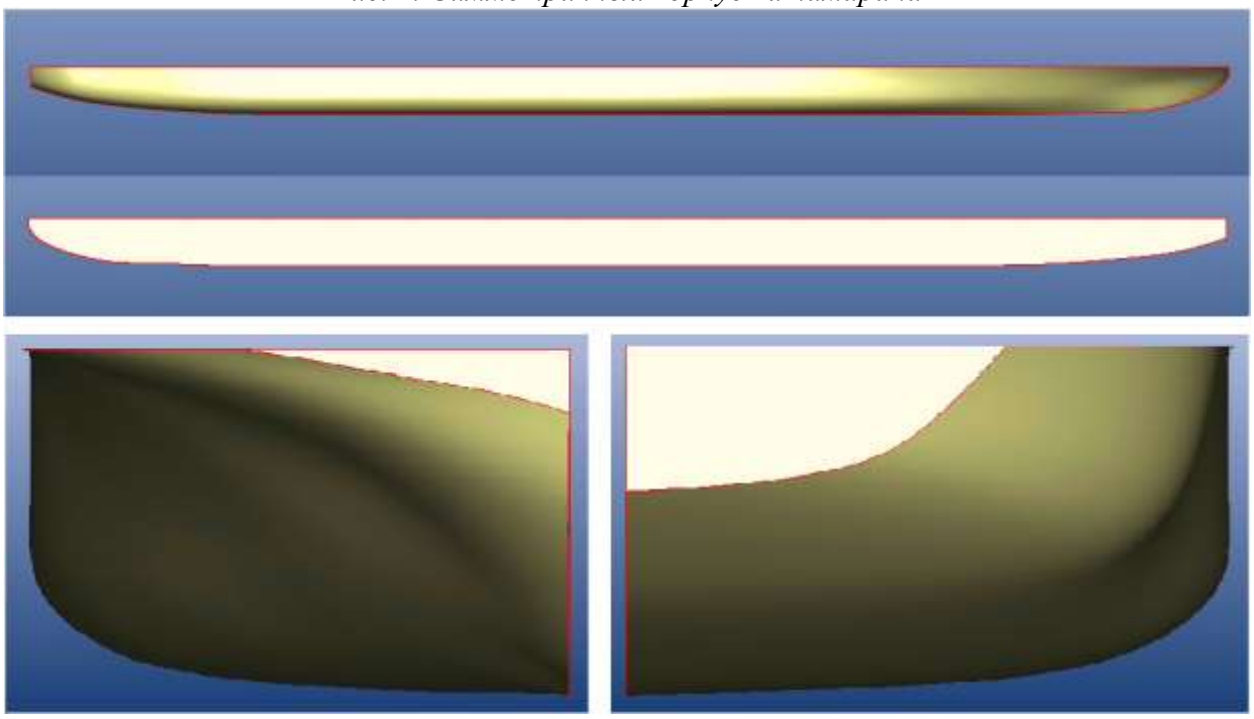

Рис. 2. Корпус катамарана с плоским внутренним бортом

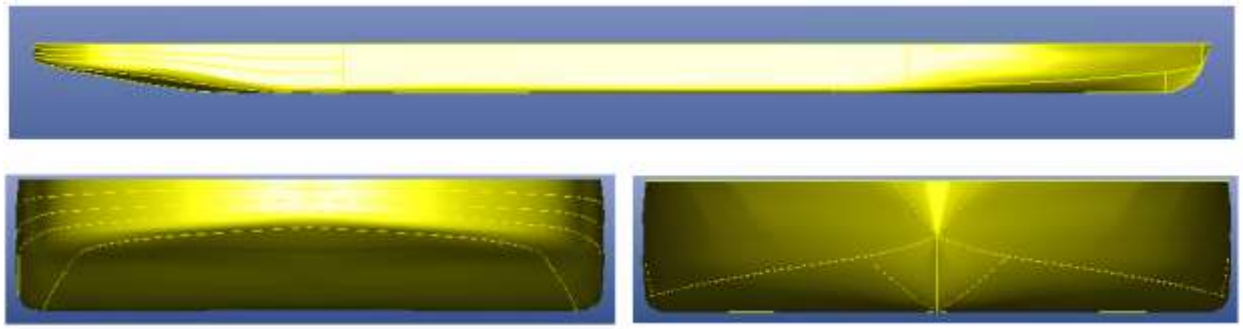

Рис. 3. Корпус водоизмещающего судна

На графиках представлены кривые двух групп - для симметричного корпуса (пунктирные линии) и корпуса с плоским внутренним бортом (сплошные линии). Проанализировав эти графики, можно заметить, что сопротивление и высота волны для катамарана с плоским внутренним корпусом получились выше. При Fr < 0,193 крупное однокорпусное судное генерирует меньшую по высоте волну, чем катамаран с плоским внутренним бортом. В то же время высоты волн такого катамарана колеблются в очень

широких пределах, это значит, что увеличение высоты волны и сопротивления, вызвано гидродинамическими процессами в междукорпусном пространстве. На рис. 6 и рис. 7 для примера показана форма волновой поверхности для всех трёх типов корпусов.

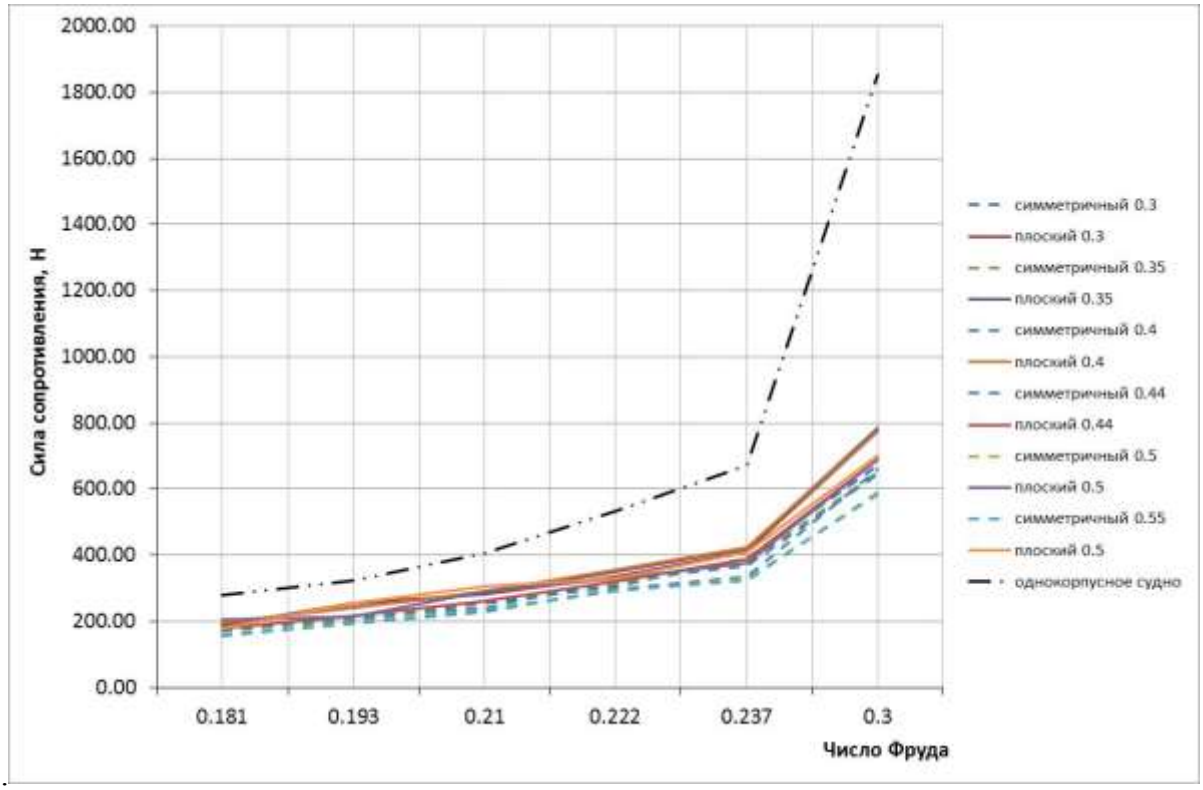

Рис. 4. Зависимость сопротивления от числа Фруда для двух вариантов корпуса катамарана при различном относительном клиренсе и однокорпусного судна

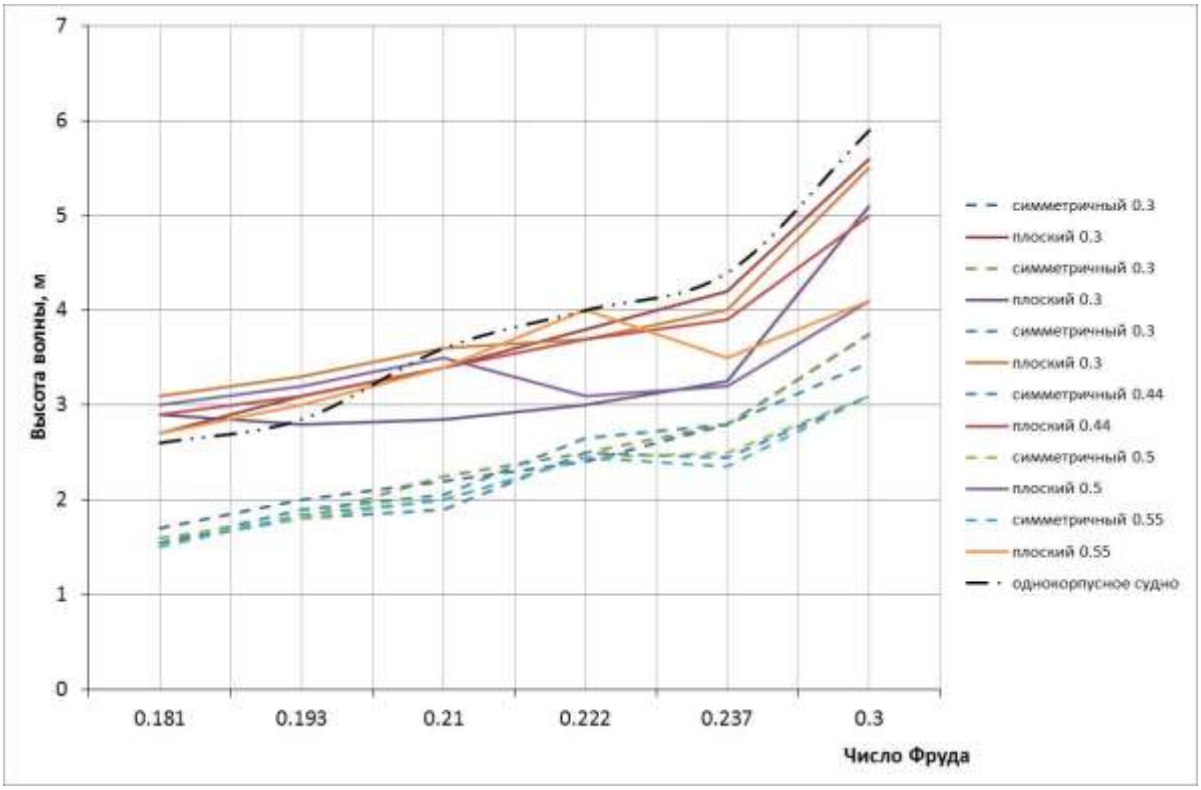

Рис. 5. Зависимость высоты волны от числа Фруда для двух вариантов корпуса катамарана при различном относительном клиренсе и однокорпусного судна

В ряде случаев результаты моделирования показали, что максимальная высота корабельной волны оказывается в кормовой части, что может указывать на неблагоприятную интерференцию волн.

И для симметричного корпуса, и для корпуса с плоским внутренним бортом высота волны снижается при высоких значениях числа Фруда и большом относительном клиренсе. На графиках (рис. 4 и 5) видны минимумы высот волн для катамарана с плоским внутренним бортом при относительных клиренсах 0,35 и 0,5 и числе Фруда, равном 0,181. Разница в высотах волн при таких условиях составляет от 1 до 1,5 метра. Предположительно это является следствием трансформации волн между корпусами.

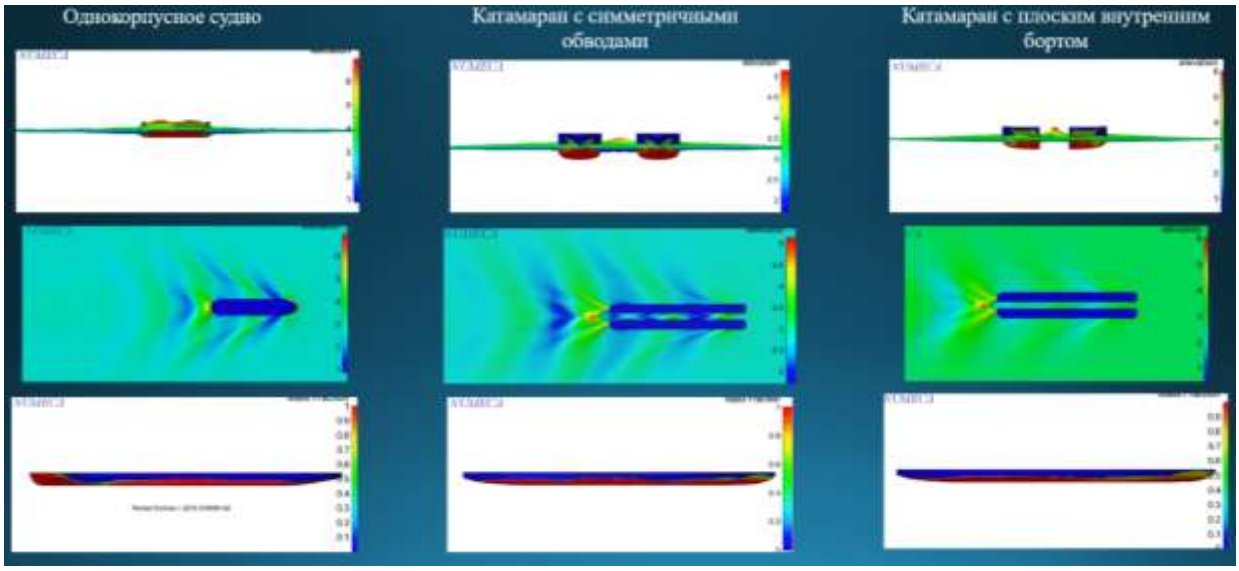

Рис. 6. Формы волновой и смоченной поверхностей при обтекании судов на скорости 9,17м/с, Fr=0,237

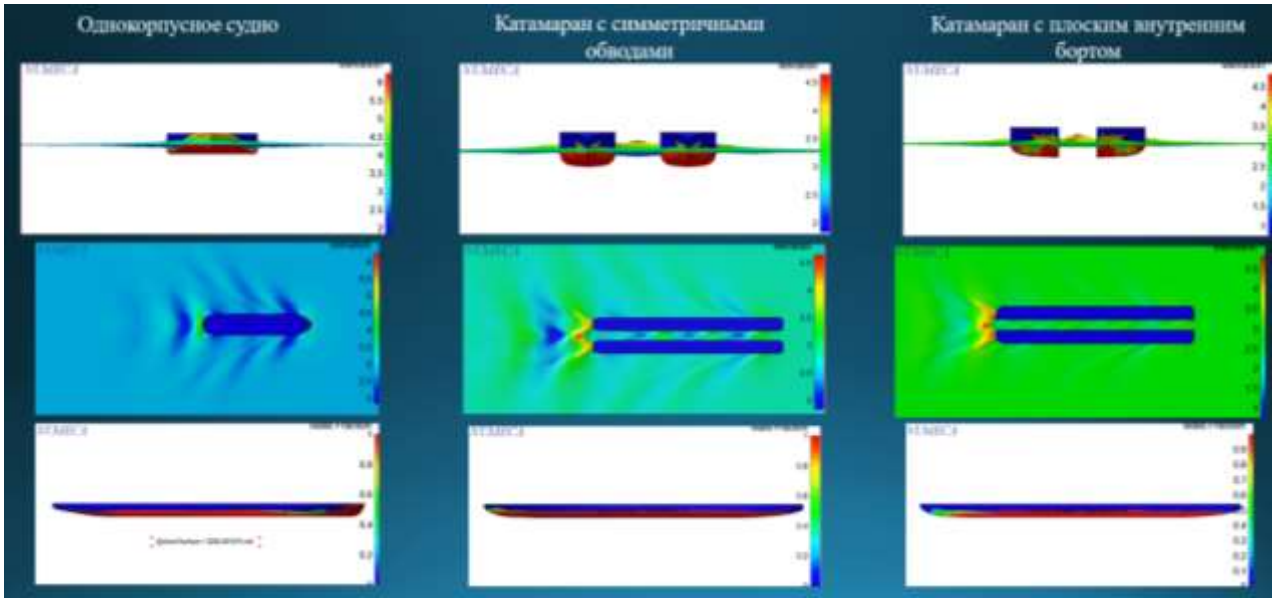

Рис. 7. Формы волновой и смоченной поверхностей при обтекании судов на скорости 11,7м/с, Fr=0,302

Результаты исследований показывают, корпуса большегрузных катамаранов с плоским внутренним бортом обладают большим сопротивлением и при Fr > 1, и при более низких значениях чисел Фруда. Также следует особо отметить, что сопротивление и волнообразование у катамаранных судов при Fr>0,22 ниже, чем у однокорпусного судна с одинаковой шириной и длиной.

Список литературы:
1. Чебан Е. Ю., Мартемьянова О. В., Митрошин С. Г., Зотова Н. Е., & Логвинов А. В. (2020). Оценка волнообразования большегрузного катамарана с различными формами внутреннего борта //Научные проблемы водного транспорта. – 2020. – №63. - (63). – С.109-120. https://doi.org/10.37890/jwt.vi63.82
2. Многокорпусные суда / А.Н. Алексеев [и др.]; под ред. В.А. Дубровского. – Л.: Судостроение, 1978. – 304 с.
3. Гидромеханика /Войткунский Я.И., Фадеев Ю.И., Федяевский К.К. – Л.: Судостроение, 1982. 456 с.
4. 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.
5. A. Souto-Iglesias, R. Zamora-Rodrıguez, D. Fernandez-Gutierrez и L. Perez-Rojas. Analysis of the wave system of a catamaran for CFD validation. Experimental Fluids (2007) 42:321–332 DOI 10.1007/s00348-006-0244-4
6. Транспортные катамараны внутреннего плавания / М.Я. Алферьев, Г.С. Мадорский. – М.: Транспорт, 1976. –336с.
7. 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. 330с.
8. 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.
9. 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. No 60. С. 122–132.
10. User Manual FINE™/Marine v3.1, Documentation v3.1a NUMECA International, 187–189,Chaussee de la Hulpe 1170 Brussels, Belgium.

ESTIMATION OF THE WAVE FORMATION OF CATAMARAN AND MONOHULL VESSELS

Natalia E. Zotova, Olga V. Martemianova, Egor Yu. Cheban,

Abstract.
The research was carried out by numerical methods of wave formation and resistance for an displacement catamaran and displacement mono-hull vessels. The main dimensions of the vessels are correspondingly the same. The simulation was performed in the range of Froude numbers from 0.181 to 0.3. Comparisons of the results are made. Conclusions are made about the advisability of using displacement catamarans on inland waterways.

Keywords: catamaran, displacement vessel, ship waves, wave interference, NUMECA FINE /MarineTM, relative clearance