ВЕСТНИК
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-4-558-566 **EDN MWRNHS**

EFFECT OF A HIGH-SPEED CATAMARAN TRIM AND DRAFT ON THE VALUE OF RESIDUAL RESISTANCE COEFFICIENT

K. M. Ushakov[1,2], Yu. V. Yatsuk[1], A. B. Pisarenko[1]

[1] — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russian Federation
[2] — Forss Tekhnologii, Ltd., St. Petersburg, Russian Federation

The paper studies changes in water resistance to the motion of a high-speed passenger catamaran due to changes in trim and draft. The trim can vary within small limits both during design by changing the arrangement of masses and during operation due to ballasting or the movement of passengers. The draft can also change during the design process due to changes in equipment or inaccuracies in determining the masses, and during project modernization — for example, for operation in another area. During operation, the draft depends on the vessel's load. Through such variations, it is possible to provide the vessel with better seaworthiness and operational qualities. One way to improve such qualities can be to reduce water resistance to the vessel's motion, as this can reduce the load on the main engines, decrease fuel consumption, and increase achievable speed. This paper presents the results of a study of the vessel's trim parameters on the residual resistance coefficient. The tests were carried out in the towing tank at the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. The paper presents experimentally obtained curves of residual resistance coefficients for four specified values of static trim. The displacement was kept constant and corresponded to the full load of the vessel, and the model's center of gravity position was changed by transferring ballast. The studies were performed for the case of a landing with maximum operational trim by the stern (the static trim angle was –0.7 degrees, the running trim angle at maximum speed was about –2 degrees), for the case in which the running trim was close to zero (the static trim angle was 1.4 degrees), and for two intermediate variants. The tests were conducted in calm deep water for Froude numbers from 0.41 to 0.82, corresponding to full-scale vessel speeds from 14 to 28 knots. It was shown that the effect of trim on resistance depends on speed. At Froude numbers of 0.40 to 0.55 (full-scale vessel speed of 14–19 knots), trim by the stern increases resistance. At higher speeds, with increasing trim, the value of the residual resistance coefficient decreases, while with increasing speed, the positive effect of trim also increases. The effect of increasing draft on the value of residual resistance with constant trim is also estimated. At low speeds, increasing draft increases the residual resistance coefficient; with increasing draft, this effect decreases. Thus, some trim by the stern allows reducing the value of towing resistance when moving at high speeds in calm deep water.

Keywords: high-speed vessel, multihull, catamaran, water resistance, model, towing test, rest resistance, trim.

For citation:
Ushakov, Konstantin M., Yu. V. Yatsuk and A. B. Pisarenko. "Effect of a high-speed catamaran trim and draft on the value of residual resistance coefficient." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 17.4 (2025): 558–566. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-4-558-566.

УДК 629.12:532.583.4

ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНТА И ОСАДКИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО КАТАМАРАНА НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА ОСТАТОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

К. М. Ушаков[1,2], Ю. В. Яцук[1], А. Б. Писаренко[1]

[1] — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», Санкт-Петербург, Российская Федерация
[2] — ООО «Форсс технологии», Санкт-Петербург, Российская Федерация

В работе исследованы изменения сопротивления воды движению скоростного пассажирского катамарана, возникающие вследствие изменения дифферента и осадки. Отмечается, что дифферент может варьироваться в небольших пределах как при проектировании с помощью изменения расположения масс по длине, так и при эксплуатации вследствие приема балласта или перемещения пассажиров; осадка также может измениться в процессе проектирования вследствие изменения условий поставки или неточностей определения масс при модернизации проекта, например, для эксплуатации в другом районе. С помощью изменения дифферента можно обеспечить судну лучшие мореходные и эксплуатационные качества. Подчеркивается, что одним из путей улучшения таких качеств может служить снижение сопротивления воды движению судна, поскольку при этом может уменьшиться нагрузка на главные двигатели, снизиться расход топлива, а достижимая скорость увеличится. В работе приведены результаты исследования влияния параметров посадки судна на коэффициент остаточного сопротивления. Испытания проводились в опытовом бассейне Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. Приведены экспериментально полученные кривые коэффициентов остаточного сопротивления для четырех заданных значений статического дифферента. При этом водоизмещение сохранялось постоянным и соответствующим полной загрузке судна, менялась абсцисса центра тяжести модели с помощью перенесения балласта. Исследования выполнялись для случая посадки с максимальным эксплуатационным дифферентом на корму (угол статического дифферента –0,7°, угол ходового дифферента на максимальной скорости около –2°) для случая, при котором ходовой дифферент был близок к нулю (угол статического дифферента 1,4°), а также для двух промежуточных вариантов. Испытания проводились в условиях тихой глубокой воды для чисел Фруда от 0,41 до 0,82, что соответствует скорости натурного судна от 14 до 28 уз. Показано, что влияние дифферента на сопротивление зависит от скорости движения — при значении числа Фруда 0,40–0,55 (скорость натурного судна 14–19 уз) дифферент на корму увеличивает сопротивление. При более высокой скорости с увеличением дифферента значение коэффициента остаточного сопротивления снижается, при этом с увеличением скорости положительное влияние дифферента увеличивается. Выполнена оценка влияния увеличения осадки на величину остаточного сопротивления при неизменном дифференте. На малых скоростях с увеличением осадки увеличивается коэффициент остаточного сопротивления. Таким образом, сделан вывод о том, что дифферент на корму позволяет снизить величину буксировочного сопротивления при движении с большими скоростями в условиях тихой глубокой воды.

Ключевые слова: высокоскоростное судно, катамаран, ходкость, сопротивление, модельные испытания, остаточное сопротивление, посадка, дифферент.

Для цитирования:
Ушаков К. М. Влияние дифферента и осадки высокоскоростного катамарана на величину коэффициента остаточного сопротивления / К. М. Ушаков, Ю. В. Яцук, А. Б. Писаренко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 4. — С. 558–566. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-4-558-566. — EDN MWRNHS.

Введение (Introduction)

Посадка судна может изменяться во время эксплуатации вследствие изменения загрузки и расходования запасов, а для пассажирских судов — также вследствие перемещения пассажиров. Это особенно актуально для малых судов [1], у которых относительный вес пассажиров больше. В процессе проектирования расчетная посадка судна также может претерпевать значительные изменения вследствие корректировки условий поставки оборудования, изменений технического задания и других факторов. То же самое возможно при модернизации существующего проекта. При этом корректировать осадку и дифферент существующего судна с целью улучшения мореходных качеств можно путем размещения балласта. Изменение ходового дифферента высокоскоростных судов возможно также с помощью установки транцевых плит или интерцепторов. В работах [1]–[5] и других публикациях показано, что влияние дифферента на сопротивление воды движению зависит от типа судна, формы обводов, относительной скорости движения и др.

Целью данной работы является определение характера влияния дифферента на величину коэффициента остаточного сопротивления модели высокоскоростного пассажирского катамарана.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Исследование было выполнено с помощью испытаний малой модели в опытовом бассейне ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова». Длина бассейна — 120 м, ширина — 6,0 м, глубина — 3,0 м. Бассейн оборудован обитаемой буксировочной тележкой и комплектом аппаратуры.

Длина модели по ватерлинии L составила 2,40 м. Обводы судна характерны для современных скоростных водоизмещающих катамаранов. Ватерлинии в носу практически прямые, носовое заострение удлиненное, в кормовой части каждого корпуса расположен полутуннель для размещения движительно-рулевого комплекса. Модель выполнена композитной из пенополистирола, фанеры, эпоксидных смолы и гелькоута. Поверхность выровнена, окрашена и отполирована. В соответствии с требованиями ITTC [6], для высокоскоростных судов искусственная турбулизация потока не применялась. Фотография модели приведена на рис. 1.

Рис. 1. Модель судна на стапеле

Испытания проводились в диапазоне значений числа Фруда 0,41–0,82 по длине $\mathrm{Fr} = V / \sqrt{gL}$, где V — скорость движения модели, м/с; g — ускорение свободного падения; L — длина модели по ватерлинии, м.

Исследования выполнялись для следующих вариантов посадки:

– с максимальным эксплуатационным дифферентом на корму (угол статического дифферента –0,7°, угол ходового дифферента на максимальной скорости около –2°);

– с близким к нулю ходовым дифферентом (угол статического дифферента 1,4°);

– с близким к нулю статическим дифферентом (промежуточный вариант — с углом статического дифферента 0,7°).

Осадка модели при этом составила 80 мм. Дополнительно были проведены испытания модели с увеличенной до 100 мм осадкой при нулевом статическом дифференте. Во время испытаний штатными датчиками измерялись дифферент, скорость движения и буксировочное сопротивление. Для анализа полученные величины приводились к безразмерному виду. Всего измерения были выполнены для 35 вариантов движения (пять вариантов посадки, по семь скоростей в каждом).

Результаты (Results)

Буксировочное сопротивление обрабатывалось по методу Фруда. Последовательность расчетов:

1. Вычисление коэффициента полного сопротивления модели $(C_м)$:

$$C_м = \frac{2R_T}{\rho V^2 S_м},$$

где R_T — измеренная сила сопротивления воды движению модели, Н;

$S_м$ — площадь смоченной поверхности модели, $м^2$;

V — скорость буксировки модели, м/с;

$\rho = 1000$ кг/$м^3$ — массовая плотность воды в опытовом бассейне.

2. Определение числа Фруда (относительной скорости):

$$\mathrm{Fr} = V / \sqrt{gL},$$

где $g = 9{,}81$ м/$с^2$ — ускорение свободного падения;

V — скорость буксировки модели, м/с;

L — длина модели, м.

3. Определение числа Рейнольдса:

$$\mathrm{Re}_{\text{м}} = VL / \nu_{\text{м}},$$

где $\nu_{\text{м}} = 1{,}092 \cdot 10^{-6}$ — кинематическая вязкость воды в опытовом бассейне во время проведения испытаний модели, м/с^2.

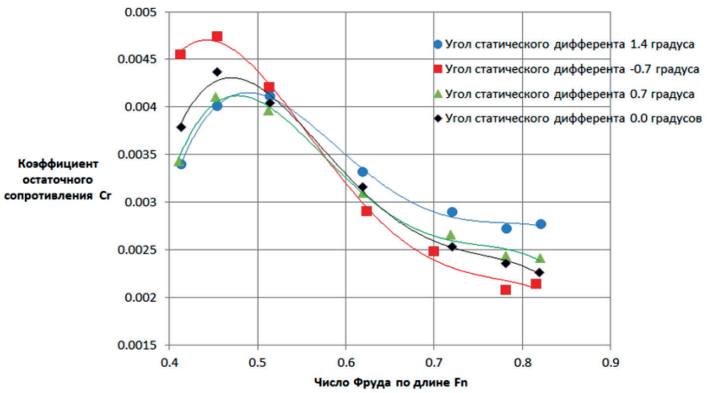
4. Вычисление коэффициента сопротивления эквивалентной гладкой пластины $C_{F_{\text{о.м}}}$.

5. Коэффициент остаточного сопротивления корпуса C_R,

$$C_R = C_{\text{м}} - C_{F\text{о.м}}.$$

ITTC [6] рекомендует для высокоскоростных судов выполнять пересчет с учетом ходового изменения площади смоченной поверхности, т. е. вычислять коэффициент остаточного сопротивления по формуле $C_{\text{R1}} = C_{\text{м}} - C_{\text{Fо.м}} \cdot S_{\text{х.м}} / S_{\text{м}}$, где $S_{\text{х.м}}$ — площадь смоченной поверхности на ходу с учетом изменения всплытия и дифферента. Такой подход, с одной стороны, более корректен, поскольку при его использовании сопротивление трения вычисляется только для фактически погруженной в воду поверхности, а с другой стороны, обработанные таким образом данные сложнее сравнивать с результатами других испытаний. На рис. 2 приведены результаты обработки экспериментальных данных обоими способами. Видно, что принципиально характер кривых не меняется. В связи с этим сравнение кривых остаточного сопротивления при разных осадках, приведенное на рис. 3, выполнялось без учета динамического изменения погруженной площади.

а)



б)

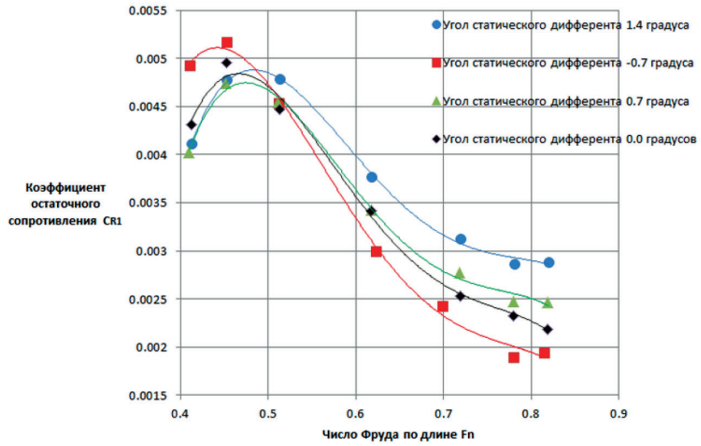


Рис. 2. Зависимости коэффициентов остаточного сопротивления модели: *а* — без учета ходового изменения смоченной поверхности; *б* — с учетом ходового изменения смоченной поверхности

Условные обозначения:

точками показаны экспериментальные значения, сплошными линиями — аппроксимации

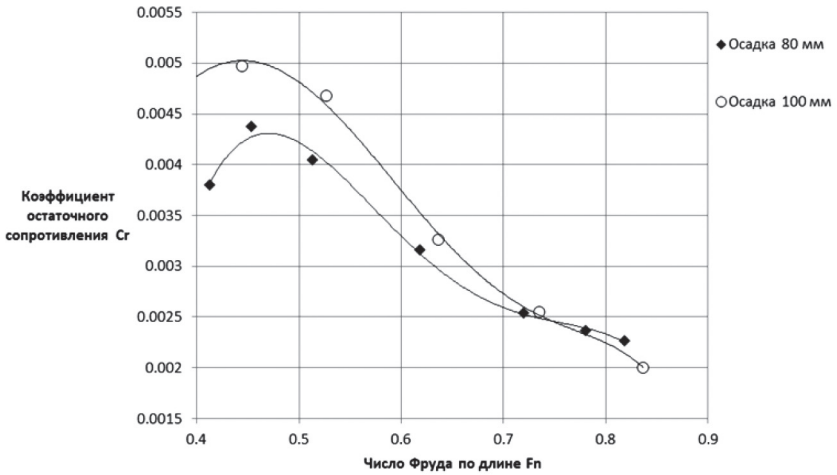


Рис. 3. Зависимости коэффициентов остаточного сопротивления модели от числа Фруда для двух вариантов осадки
Условные обозначения:
очками показаны экспериментальные значения, сплошными линиями — аппроксимации

Углы ходового дифферента измерялись датчиком резистивного типа и могут быть перенесены на натурное судно или выполнено их прямое сравнение с другими данными (без пересчета). Результаты измерений приведены на рис. 4.

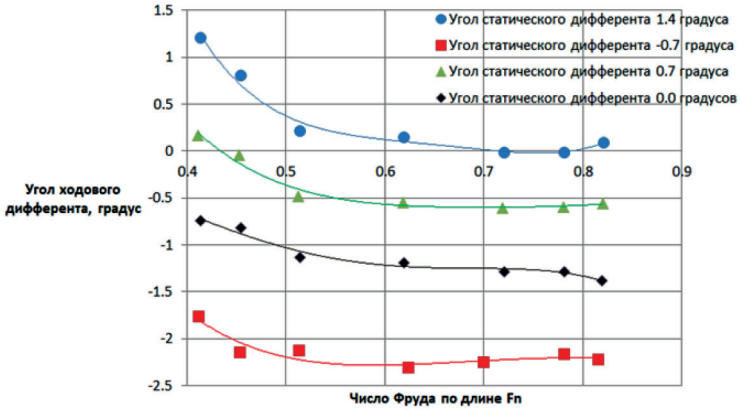


Рис. 4. Зависимости угла ходового дифферента от числа Фруда для различных вариантов статического дифферента
Условные обозначения:
точками показаны экспериментальные значения, сплошными линиями — аппроксимации

Фотография модели во время испытаний показана на рис. 5.

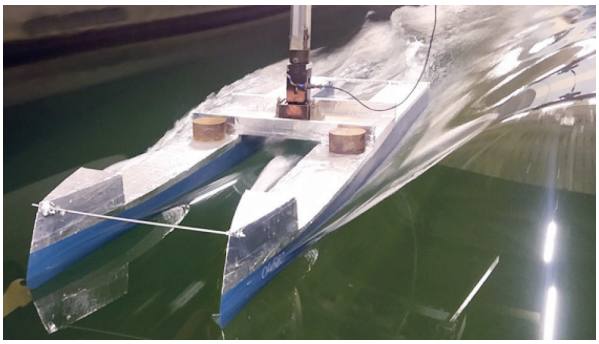


Рис. 5. Фотография модели во время проведения испытаний (угол ходового дифферента 0°, Fr = 0,82)

При изменении посадки модели длина по ватерлинии практически не менялась. В связи с этим числа Фруда всегда вычислялись при одной и той же длине $L = 2{,}40$ м.

Обсуждение (Discussion)

В практике проектирования и эксплуатации судов считается, что наилучшей с точки зрения ходовых качеств является посадка на ровный киль. При этом в статье [2] показано, что для судов, у которых дифферент зависит от скорости хода, оптимальной будет посадка на ровный киль при движении с расчетной скоростью. В работах [3] и [4] приведены результаты модельного и численного эксперимента по исследованию движения контейнеровоза KCS с различными дифферентами. Сопротивление воды при любом дифференте на корму оказалось выше, чем при посадке на ровный киль или на нос, при этом влияние дифферента зависит от скорости. К таким же выводам пришли авторы [5] применительно к движению в условиях мелководья, однако в данном исследовании во время проведения испытаний ходовой дифферент не измерялся. В работе [1] приведены результаты исследования влияния дифферента на сопротивление воды движению малого пассажирского судна. Для таких судов в диапазоне чисел Фруда 0,15–0,35 дифферент на нос оказывает отрицательное влияние, а дифферент на корму практически не оказывает влияния на величину коэффициента остаточного сопротивления.

Применительно к скоростным катамаранам также выполнялись исследования влияния посадки на сопротивление. Так, при исследовании сопротивления воды движению катамарана с упрощенными обводами [7] авторы определили, что при числах Фруда, превышающих 0,60, преимущество имеет вариант с дифферентом на корму. В статье [8] опубликованы результаты большого исследования параметров ходкости катамарана. В частности, приводятся результаты измерения сопротивления при движении с числом Фруда 0,602 и различных углах дифферента. Полученная авторами статьи [8] зависимость позволяет считать, что минимум сопротивления достигается при статическом дифференте около 1,0° на корму. В этой же работе приведены данные о совместном влиянии статического дифферента и выдвига транцевого интерцептора. Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что наилучшее сочетание выдвига интерцептора и статического дифферента дает такой же выигрыш по сопротивлению, как и оптимальный статический дифферент без интерцептора.

Таким образом, в некоторых случаях рациональное распределение масс по судну позволяет избежать установки дополнительных устройств для достижения высоких ходовых показателей. В то же время неудачная посадка на ровный киль может быть в определенной степени компенсирована установкой интерцепторов. В работе [9] с помощью физического эксперимента с малой моделью однокорпусного водоизмещающего судна показано, что выдвиг интерцептора совместно с изменением статического дифферента может дать больший выигрыш в сопротивлении, чем отдельное изменение статического дифферента.

Анализ полученных в данном исследовании экспериментальных данных показал, что влияние дифферента на сопротивление скоростного катамарана зависит от скорости движения:

– при значении числа Фруда 0,40–0,52 дифферент на корму увеличивает сопротивление;

– при движении с числом Фруда 0,55 дифферент в пределах данного исследования не влияет на величину коэффициента остаточного сопротивления;

– при более высоких скоростях с увеличением дифферента на корму величина коэффициента остаточного сопротивления снижается, при этом с увеличением скорости положительное влияние дифферента также увеличивается.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что полученные данные хорошо согласуются с результатами других исследований.

Влияние изменения осадки на величину коэффициентов остаточного сопротивления зависит от скорости. При числах Фруда 0,40–0,70 увеличение осадки ведет к увеличению значений коэффициентов остаточного сопротивления, при этом разница между коэффициентами снижается. С дальнейшим увеличением числа Фруда до 0,72–0,85 увеличение осадки перестает влиять

на коэффициент остаточного сопротивления. В работе [7] для катамарана с упрощенными обводами увеличение осадки при любых числах Фруда из диапазона 0,30–0,80 приводит к увеличению значений коэффициента остаточного сопротивления. Эта разница может объясняться тем, что ходовые посадка и дифферент катамаранов с упрощенными обводами отличались от статических незначительно.

В работе [10] приводятся зависимости дифферента от скорости для катамаранов в случае движения с числами Фруда до 0,30, в целом согласующиеся с данным исследованием. Результаты измерений ходового дифферента показали, что в диапазоне числе Фруда 0,40–0,60 с увеличением скорости дифферент на корму увеличивается. При дальнейшем увеличении скорости дифферент близок к тому, чтобы сохраняться постоянным. Разница статического и ходового дифферента во всех случаях составила около –1,4°.

Заключение (Conclusion)

Приведенные данные показывают, что для высокоскоростных катамаранов некоторый дифферент на корму обеспечит снижение коэффициента остаточного сопротивления по сравнению с посадкой на ровный киль, что позволит увеличить достижимую скорость. Эти данные могут быть использованы при проектировании новых судов как при удиффирентовке, так и при проектировании обводов путем придания судну конструктивного дифферента. Необходимо иметь в виду, что исследования выполнялись в условиях тихой глубокой воды без учета возможного влияния мелководья и морского волнения. Кроме того, дифферент может оказать влияние на коэффициенты взаимодействия движителей с корпусом. Эти аспекты планируется рассмотреть в дальнейших исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ушаков К. М.* Влияние дифферента на сопротивление воды движению модели малого пассажирского судна / К. М. Ушаков // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 5. — С. 723–729. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-723-729. — EDN EPXJER.

2. *Чуреев Е. А.* Исследование влияния строительного дифферента малых промысловых судов с большой полнотой корпуса на мореходные качества / Е. А. Чуреев, О. П. Орлов, И. В. Якута // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2019. — № 4. — С. 30–38. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-30-38. — EDN VCVBAC.

3. *Shivachev E.* Trim Influence on Kriso Container Ship (KCS): An Experimental and Numerical Study / E. Shivachev, M. Khorasanchi, A. H. Day // International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering — Volume 7A: Ocean Engineering 2017. — C. V07AT06A009. DOI: 10.1115/OMAE2017-61860.

4. *Islam H.* Effect of trim on container ship resistance at different ship speeds and drafts / H. Islam, C. {G. Soares} // Ocean Engineering. — 2019. — Vol. 183. — Pp. 106–115. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2019.03.058.

5. *Elsherbiny K.* An Experimental Investigation of the Trim Effect on the Behaviour of a Containership in Shallow Water / K. Elsherbiny, T. Tezdogan, M. Kotb, A. Incecik, S. Day // International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering — Volume 7B: Ocean Engineering 2019. — C. V07BT06A043. DOI: 10.1115/OMAE2019–95790.

6. ITTC Recommended procedures and guidelines [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ittc.info/media/9876/0_0.pdf (дата обращения: 19.07.2025).

7. *Ушаков К. М.* Исследование буксировочного сопротивления катамарана с упрощенными обводами / К. М. Ушаков, Ю. В. Яцук, А. Г. Саченко // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 1. — С. 127–137. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-1-127-137. — EDN NLJFNC.

8. *Сверчков А. В.* Экспериментальное исследование влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на ходовые качества волнорассекающего катамарана / А. В. Сверчков, Г. Б. Крыжевич, А. Ю. Правдин // Морские интеллектуальные технологии. — 2021. — № 2–3(52). — С. 13–19. DOI: 10.37220/MIT.2021.52.2.029. — EDN ALIETG.

9. *Сверчков А. В.* Применение транцевого интерцептора для снижения буксировочного сопротивления быстроходных водоизмещающих судов / А. В. Сверчков, М. В. Галушин // Труды Крыловского государственного научного центра. — 2022. — № 4(402). — С. 85–100. DOI: 10.24937/2542-2324-2022-4-402-85-100. — EDN ZRTGSB.

10. *Корякова М. Н.* Оценка изменения посадки большегрузного катамарана численными методами / М. Н. Корякова, С. В. Бушков, Е. Ю. Чебан // Транспорт. Горизонты развития: Труды 4-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород – Новосибирск –Владивосток – Самара, 23–26 апреля 2024 года. — Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2024. — С. 117. — EDN ADDWCN.

REFERENCES

1. Ushakov, K. M. “Trim influence on water resistance to movement of small passenger ship model.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 13.5 (2021): 723–729. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-723-729.

2. Chureev, E. A., O. P. Orlov and I. V. Yakuta. “Studying influence of designed trim in small fishing vessels with great hull fullness on their seaworthiness.” *Vestnik Of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering And Technologies* 4 (2019): 30–38. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-30-38.

3. Shivachev, E., M. Khorasanchi and A. H. Day. “Trim Influence on Kriso Container Ship (KCS): An Experimental and Numerical Study.” *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering — Volume 7A: Ocean Engineering*2017: V07AT06A009. DOI: 10.1115/OMAE2017-61860.

4. Islam, H. and C. {G. Soares}. “Effect of trim on container ship resistance at different ship speeds and drafts.” *Ocean Engineering* 183 (2019): 106–115. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2019.03.058.

5. Elsherbiny, K., S. Day, et al. “An Experimental Investigation of the Trim Effect on the Behaviour of a Containership in Shallow Water.” *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering — Volume 7B: Ocean Engineering*2019: V07BT06A043. DOI: 10.1115/OMAE2019-95790.

6. ITTC Recommended procedures and guidelines Web. 19 July. 2025 <https://ittc.info/media/9876/0_0.pdf>.

7. Ushakov, K. M., Yu. V. Yatsuk and A. G. Sachenko. “Investigation of the towing resistance of a catamaran with simplified hull forms.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 17.1 (2025): 127–137. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-1-127-137.

8. Sverchkov, A. V., G. B. Kryzhevich and A. Yu. Pravdin. “Experimental investigation of structural and operational factor effects on speed performance of wave cleaving catamarans.” *Morskie intellektual’nye tekhnologii* 2–3(52) (2021): 13–19. DOI: 10.37220/MIT.2021.52.2.029.

9. Sverchkov, A. V. and M. V. Galushin. “Transom interceptor for towing resistance reduction of fast displacement ships.” *Transactions Of The Krylov State Research Centre* 4(402) (2022): 85–100. DOI: 10.24937/2542-2324-2022-4-402-85-100.

10. Koryakova, M. N., S. V. Bushkov and E. Yu. Cheban. “Estimation the change of the large cargo catamaran’s draft and trim by numerical methods.” *Transport. Gorizonty razvitiya: Trudy 4-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhniy Novgorod-Novosibirsk-Vladivostok-Samara, 23–26 aprelya 2024 goda*. Nizhniy Novgorod: Volzhskiy gosudarstvennyy universitet vodnogo transporta, 2024: 117.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ушаков Константин Михайлович —
доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Двинская, 5/7
ведущий инженер-конструктор
ООО «Форсс технологии»
190013, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Бронницкая, 44/117, лит. А, пом. 1Н
e-mail: *UshakovKM@gumrf.ru*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ushakov, Konstantin M. —
associate professor,
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation
Forss Tekhnologii, Ltd.
lead design engineer,
44/117 Bronnitskaya Str., St. Petersburg, 190013, Russian Federation
e-mail: *UshakovKM@gumrf.ru*

Яцук Юрий Владимирович —
кандидат технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
Двинская, 5/7
e-mail: *YatsukUV@gumrf.ru*
Писаренко Анастасия Борисовна —
старший преподаватель
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
Двинская, 5/7
e-mail: *kaf _shipbuilding@gumrf.ru*

Yatsuk, Yury V. —
PhD, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: *YatsukUV@gumrf.ru*
Pisarenko, Anastasia B. —
senior lecturer
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: *kaf _shipbuilding@gumrf.ru*

Статья поступила в редакцию 23 июля 2025 г.
Received: July 23, 2025.