Проектирование и конструкции судов

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2019-4-6>
УДК 629.12

М.В. Китаев, Ха Ван Зуи

КИТАЕВ МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ – к.т.н., доцент, AuthorID: 642490,
SPIN: 9464-6580, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5345-6333>,
ResearcherID: S-3554-2018, ScopusID:16024898400, e-mail: kitaev.mv@dvfu.ru
ХА ВАН ЗУИ – аспирант, e-mail: vnured4289@gmail.com
Кафедра кораблестроения и океанотехники Инженерной школы
Дальневосточный федеральный университет
Суханова ул., 8, Владивосток, Россия, 690091

Расчет сопротивления движению пассажирских катамаранов: сравнение методов

Аннотация: Устойчивая тенденция к увеличению объемов пассажирских перевозок в Социалистической Республике Вьетнам обуславливает необходимость обновления существующего флота комфортабельными и безопасными судами. Катамараны, в полной мере отвечающие современным требованиям, хорошо зарекомендовали себя в этом сегменте перевозок. Развитие судостроительной промышленности СРВ предполагает создание и совершенствование собственной производственной и научно-технологической базы, разработку, внедрение новых методов и моделей проектирования и постройки судов. Так, на начальных стадиях проектирования пассажирских катамаранов очень важен выбор подходящего метода определения сопротивления движению. При его выборе ориентируются на соответствие обводов и диапазонов изменения главных размерений, характеризующих форму корпуса проектируемого судна, аналогичным показателям серии судов, для которой этот метод был разработан. Однако опыт проектирования показывает, что соответствие главных размерений не гарантирует достижения требуемой точности вычислений, а расчетные методы, разработанные для одного типа судов, могут давать значительно различающиеся результаты. Таким образом, выбор метода, составляющего основу разрабатываемой авторами математической модели проектирования пассажирских катамаранов, для Социалистической Республики Вьетнам является актуальным. Результаты проведенного авторами анализа наиболее распространенных в практике проектирования методов расчета сопротивления движению пассажирских катамаранов сопоставляются с результатами натурных испытаний пассажирского катамарана «Москва», осуществляющего перевозки в заливе Петра Великого.

Ключевые слова: Социалистическая Республика Вьетнам, пассажирские катамараны, сопротивление движению, методы расчета, ходовые испытания.

Введение

Морской транспорт во Вьетнаме является наиболее востребованным и популярным, а ежегодное увеличение объемов туристических пассажирских перевозок приводит к необходимости проектирования и создания новых судов, отвечающих современным требованиям к безопасности, экологичности и комфорту [12]. Развитие судостроительной промышленности поддерживается на правительственном уровне и предполагает как международное сотрудни-

чество, так и создание, совершенствование собственной производственной и научно-технологической базы, разработку, внедрение новых средств, методов, технологий постройки судов и математических моделей их проектирования [4, 8].

Согласно мировой статистике, преобладающая роль в морских пассажирских перевозках принадлежит скоростным катамаранам ввиду ряда их очевидных преимуществ, обусловленных их конструктивными особенностями [1, 2]. На начальных стадиях проектирования оценка экономической эффективности пассажирских катамаранов проводится с использованием математических моделей, отражающих особенности процесса их функционирования. Одной из задач, решаемых посредством таких моделей, является оценка ходовых качеств судна, т.е. возможность при заданной проектной скорости хода определить сопротивление, геометрические и гидродинамические характеристики гребного винта, а также требуемую мощность главного двигателя [6]. Основную сложность для проектанта при выполнении расчетов ходкости представляет выбор подходящего метода расчета сопротивления воды движению судна, позволяющего с достаточной степенью точности получать требуемые результаты. При выборе метода ориентируются на соответствие теоретического чертежа и диапазонов изменения проектных параметров, характеризующих форму корпуса судна, аналогичным показателям первоначальной серии, для которой этот метод был разработан. Однако соответствие этим критериям еще не гарантирует необходимой точности вычислений ($5 \div 15\%$) ввиду разнообразия размерений, обводов и форм корпусов, а также их постоянного совершенствования. Проблема осложняется тем, что современные катамараны движутся в широком диапазоне относительных скоростей ($Fr = 0,2 \div 1,5$), а существующие методы расчета сопротивления дают значительный разброс результатов [2]. Таким образом, методы, рекомендуемые разными авторами, хотя и разработаны для одной группы судов, могут давать различные результаты. Поэтому необходимо предварительное исследование, направленное на поиск подходящего метода расчета сопротивления. Выбранный метод предполагается использовать в математической модели проектировании пассажирских катамаранов для СРВ.

Обзор методов расчета сопротивления

Ввиду многообразия форм и обводов судов катамаранного типа проведено большое количество экспериментальных исследований, направленных на разработку методов расчета сопротивления. Наиболее известными являются работы таких авторов, как М.Я. Алферьев, В.А. Дубровский, A.F. Molland, P.K. Sahoo, A. Schwetz, E.O. Tuck, J.M. Zips и др. [6, 9, 11].

В настоящей работе мы рассмотрели четыре наиболее распространенные метода расчета сопротивления воды движению скоростных катамаранов, подробно изложенные в [6, 10]. Диапазоны изменения проектных характеристик моделей скоростных катамаранов, для которых были разработаны указанные методы, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Диапазоны изменения проектных характеристик моделей катамаранов

Параметры	Molland	Pham	Schwetz	Sahoo
L/B	7–15,1	10,4–20,8	8,8–15	10–15
B/T	1,5–2,5	1,5–2,5	1,47–2,31	1,5–2,5
$L/\sqrt[3]{V}$	6,27–9,5	6,3–12,6	6,3–9,56	8,04–11,2
C_b	0,33–0,45	0,5–0,6	0,46–0,68	0,4–0,5
$L_{cb}/L(\%)$	–	–	40–49	–
i_E	–	–	2,1–38	5,4–10,71
β_m	–	16–27	–	23–44
Fn	0,2–1,0	0,4–1,5	0,4–1,4	0,2–1,0

Обозначения: L – длина по конструктивной ватерлинии (КВЛ), м; B – ширина одного корпуса по КВЛ, м; T – осадка по КВЛ, м; V – водоизмещение одного корпуса, m^3 ; C_b – коэффициент общей полноты; L_{cb} – положение центра величины относительно миделя, м; i_E – половина угла входа КВЛ, град.; β_m – килеватость днища в районе миделя, град; Fn – число Фруда по длине.

Данные табл. 1 показывают, что анализируемые методы расчета сопротивления предназначены в основном для достаточно скоростных судов, диапазоны изменения значений относительных скоростей которых лежат в пределах $Fn \approx 0,2 \div 1,5$.

Анализируя диаграммы, приведенные на рис. 1, можно отметить наличие диапазонов, в которых значения проектных характеристик испытанных моделей катамаранов совпадают, что, теоретически, при выполнении предварительных расчетов, допускает использование нескольких методов для оценки сопротивления воды.

Однако существенное влияние на сопротивление оказывает форма поперечных сечений корпусов катамаранов. Так, на практике при выборе подходящего метода необходимо ориентироваться не только на диапазоны изменения значений проектных характеристик катамаранов, но и на соответствие формы корпуса обводам проектируемого судна, форме корпуса и обводам моделей, для которых были получены зависимости отдельных составляющих полного сопротивления. Такой подход значительно повышает достоверность расчетов, выполняемых на начальных этапах проектирования.

Катамараны могут иметь различную форму обводов поперечных сечений: круглую, О-образную, U-образную, V-образную, симметричную и несимметричную относительно ДП. Для тихоходных катамаранов предпочтительны О-образные обводы, дающие меньшую смоченную поверхность. С повышением скорости и появлением ходового дифферента предпочтительными являются U- или V-образные обводы с поднимающейся к транцу линией кила. Для больших скоростей, соответствующих верхней границе переходного режима и глиссированию, предпочтительными являются V-образные обводы [6].

Рис. 1. Диапазоны изменения проектных характеристик моделей катамаранов.

Сложность процессов и явлений, наблюдаемых при движении катамаранов, затрудняет получение строгих (в математическом плане) теоретических решений. Отчасти сложность состоит в том, что при движении корпуса катамаранов работают как единый гидродинамический комплекс, а их взаимное влияние обуславливается следующими факторами: наложением волновых систем, создаваемых каждым корпусом в отдельности, перераспределением давления в поперечных сечениях по длине каждого корпуса, изменением смоченной поверх-

ности ввиду наличия ходового дифферента, а также появлением дополнительного брызгового сопротивления. В зависимости от скорости хода судна доля каждого из указанных факторов в общем балансе сопротивления изменяется. Поэтому с практической точки зрения большое значение приобретают результаты экспериментов, проводимых с масштабными моделями в опытовых бассейнах.

В качестве примера на рис. 2 показаны поперечные сечения моделей катамаранов, характеризующие форму их обводов. Модели испытаны зарубежными исследователями в разные годы [10], а по результатам испытаний разработаны методы расчета сопротивления, рассматриваемые в настоящей статье. Приведенные ниже рисунки показывают, что наибольший интерес для исследований представляют корпуса с симметричными относительно диаметральной плоскости (ДП) обводами. Это связано с тем, что при умеренных скоростях хода, характеризующихся числами Фруда по длине $Fr_L < 1$, симметричные обводы судов катамаранного типа позволяют получить меньшее (по сравнению с однокорпусными глиссирующими судами) сопротивление. Тогда как катамараны с несимметричной относительно ДП формой и обводами шпангоутов обладают преимуществами в ходкости лишь при достаточно высоких скоростях хода [6].

Рис. 2. Формы обводов моделей судов катамаранного типа:
 а – Insel и Molland [5]; б – Schwetz и Sahoo [11]; в – Pham, Kantimahanthi и Sahoo [7];
 г – Sahoo, Browne и Salas [9].

Кроме линейных размеров и формы обводов большое влияние на ходовые качества катамаранов оказывают вертикальный и горизонтальный клиренсы. Последний характеризуется расстоянием между корпусами, измеренным в плоскости мидель-шпангоута. При движении волновые системы, создаваемые каждым корпусом катамарана в отдельности, накладываются друг на друга, что приводит к увеличению сопротивления.

В рассматриваемых методах расчета сопротивления в большей или меньшей степени учитываются величины, оказывающие существенное влияние на ходовые качества катамаранов, а именно: линейные размеры (в том числе их безразмерные отношения), коэффициенты полноты и обводы корпусов, горизонтальный и вертикальный клиренсы.

Анализ методов расчета сопротивления

Как и для обычных водоизмещающих судов, полное сопротивление судов катамаранного типа определяется по следующей общей зависимости:

$$R_T = C_{T\text{CAT}} \frac{\rho v^2}{2} \Omega,$$

где $C_{T\text{CAT}}$ – коэффициент полного сопротивления; ρ – плотность морской воды, т/м³; v – скорость хода, м/с; Ω – площадь смоченной поверхности, м².

В [10] коэффициент полного сопротивления катамаранов предлагается определять по формуле

$$C_{T\text{CAT}} = (1 + \gamma k) C_F + \tau C_w,$$

где $(1 + k)$ – форм-фактор, зависящий от формы обводов корпуса (одного изолированного корпуса); γ – коэффициент вязкостной интерференции (viscous interference factor [10]); C_F – коэффициент сопротивления трения; τ – фактор волновой интерференции; C_w – коэффициент волнового сопротивления.

Коэффициент сопротивления трения определяется по формуле ИТТС-1957

$$C_F = \frac{0.075}{(\lg Re - 2)^2},$$

где Re – число Рейнольдса.

Использование результатов модельных испытаний позволяет значительно упростить расчеты ходкости. Так, получены обобщенные зависимости для непосредственного определения форм-фактора $(1 + \gamma k)$ и коэффициента волнового сопротивления C_w в зависимости от относительной скорости, соотношения главных размерений и прочих параметров, характеризующих обводы и форму корпуса катамаранов [10].

На основе обработки результатов модельных испытаний получены аналитические зависимости для численного определения значений коэффициента волнового сопротивления:

- метод Molland:

$$C_w = b_0 + b_1 \frac{L}{B} + b_2 \frac{B}{T} + b_3 \frac{L}{\nabla^{1/3}} + b_4 \frac{s}{L} + b_5 \frac{L}{B} \frac{B}{T} + b_6 \frac{L}{B} \frac{L}{\nabla^{1/3}} + b_7 \frac{B}{T} \frac{L}{\nabla^{1/3}} + b_8 \frac{L}{B} \frac{s}{L} + b_9 \frac{B}{T} \frac{s}{L} + b_{10} \frac{L}{\nabla^{1/3}} \frac{s}{L} + b_{11} \frac{L}{B} \frac{B}{T} \frac{L}{\nabla^{1/3}} + b_{12} \frac{L}{B} \frac{B}{T} \frac{s}{L} + b_{13} \frac{L}{B} \frac{L}{\nabla^{1/3}} \frac{s}{L} + b_{14} \frac{B}{T} \frac{L}{\nabla^{1/3}} \frac{s}{L} + b_{15} \frac{L}{B} \frac{B}{T} \frac{L}{\nabla^{1/3}} \frac{s}{L},$$

где s – расстояние, измеренное по горизонтали между ДП корпусов катамарана; b_i – коэффициенты регрессии [5];

- метод Pham, Kantimahanthi и Sahoo:

$$C_w = \alpha \left(\frac{L}{B}\right)^{\beta_1} \left(\frac{B}{T}\right)^{\beta_2} C_b^{\beta_3} \left(\frac{s}{L}\right)^{\beta_4}.$$

где α_i, β_i – коэффициенты регрессии [7];

- метод Schwetz и Sahoo:

$$C_w = C_1 \left(\frac{L}{\nabla^{1/3}}\right)^{C_2} \left(\frac{s}{L}\right)^{C_3} \left(\frac{Lcb}{Lcf}\right)^{C_4} i_E^{C_5} C_B^{C_6} \left(\frac{B}{T}\right)^{C_7},$$

где C_1 – C_7 – коэффициенты регрессии [11];

- метод Sahoo, Browne и Salas:

$$C_w = e^{C_1} \left(\frac{L}{B}\right)^{C_2} \left(\frac{B}{T}\right)^{C_3} C_B^{C_4} \left(\frac{L}{\nabla^{1/3}}\right)^{C_5} i_E^{C_6} \beta^{C_7} \left(\frac{S}{L}\right)^{C_8},$$

где C_1 – C_8 – коэффициенты регрессии [9].

Сравнение расчетных и экспериментальных данных

Для численного анализа и выбора подходящего метода расчета сопротивления в настоящем исследовании использованы результаты ходовых испытаний, предоставленные фирмой-оператором пассажирского катамарана «Москва», построенного к первому Восточному экономическому форуму в 2012 г. на АО «Восточная верфь» (г. Владивосток). Катамаран осуществляет перевозки в заливе Петра Великого: его внешний вид показан на рис. 3, а теоретические обводы корпуса – на рис. 4.

Рис. 3. Внешний вид катамарана «Москва».

Рис. 4. Теоретический чертеж катамарана «Москва». **Общие сведения о судне:** тип – катамаран; назначение – пассажирское; строитель – Россия; год постройки – 2012; порт приписки – Владивосток. **Главные размерения:** длина наибольшая – 28,50 м; длина между перпендикулярами – 25,4 м; ширина судна – 8,5 м; ширина (одного корпуса) – 2,5 м; высота борта на миделе – 3,0 м; осадка расчетная – 2,5 м; водоизмещение – 100 т; коэффициент общей полноты – 0,66. **Характеристики главного двигателя (ГД) и редуктора:** марка – 10V2000 M72; мощность – 900 кВт (1223 л.с.); обороты номинальные – 2250 об/мин; передаточное отношение редуктора – 2,5. **Геометрические характеристики гребных винтов:** диаметр – 1016 мм; шаг – 1132 мм; шаговое и дисковое отношения – 1,11 и 0,87 соответственно; количество лопастей – 5; количество винтов – 2; масса – 128 кг.

Для количественной оценки применимости рассматриваемых методов расчета сопротивления использовались данные, характеризующие ходовые качества катамарана «Москва» при различных случаях загрузки судна, предоставленные фирмой-проектантом *Incat Crowther* (рис. 5).

Рис. 5. Результаты оценки ходовых качеств катамарана «Москва» (по данным *Incat Crowther*, Австралия).

В мае 2017 г. по просьбе сотрудников кафедры кораблестроения и океанотехники Инженерной школы ДВФУ были проведены ходовые испытания катамарана «Москва»: выполнены замеры оборотов, скорости хода для различных случаев загрузки судна. В качестве примера в табл. 2 представлены результаты ходовых испытаний, дополненные расчетными данными, характеризующими ходовые качества судна.

Таблица 2

Результаты ходовых испытаний катамарана «Москва»

V_s , уз.	6,6	7,5	8,4	8,9	9,9	11	12	12,6
n , об/мин	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
T , °C	266	273	294	339	351	377	399	415
N , кВт	41,0	67,4	103,0	156,6	214,5	282,6	366,9	481,3
R , кН	7,5	10,7	14,3	19,6	24,2	28,9	34,4	41,9
η	0,65	0,64	0,63	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59

Примечание. V_s – скорость хода судна, уз.; n – обороты ГД, об/мин; T – температура выхлопных газов, град.; N – потребляемая мощность одного двигателя, кВт; R – сопротивление воды движению судна, кН; η – пропульсивный КПД.

При проведении ходовых испытаний были обнаружены технические проблемы с пропульсивной установкой, которые не позволили судну развить проектную скорость хода (25 уз.). Максимальное зафиксированное в процессе ходовых испытаний значение скорости составило 12,6 уз. Таким образом, полученные результаты ходовых испытаний сужают диапазон скоростей, в котором планировалось производить сравнительную оценку методов расчета сопротивления пассажирских катамаранов. Поэтому для полноты анализа сравнение результатов расчетов производилось с предоставленными проектантом данными и с результатами ходовых испытаний (рис. 6).

Рис. 6. Анализ результатов расчета сопротивления катамарана «Москва».

Рисунок 6 показывает, что результаты ходовых испытаний хорошо согласуются с предоставленными проектантом данными при малых скоростях движения судна (до 12,6 уз.). Можно предположить, что и для скоростей хода, близких к проектному значению (25 уз.), результаты ходовых испытаний и проектной кривой сопротивления будут схожими (отклонения обусловлены погрешностью измерения скорости хода судна и оценкой параметров внешней среды). При этом результаты расчетов сопротивления, полученные по методу Pham, Kantimahanthi и Sahoo [7], совпадают со значениями проектной кривой. Следовательно, этот эмпирический метод определения сопротивления можно принять за основу и использовать в математической модели проектирования пассажирских катамаранов, для Социалистической Республики Вьетнам.

Закключение

Итак, полагая, что при разработке математических моделей проектирования пассажирских катамаранов выбор метода расчета сопротивления существенно влияет на достоверность результатов, мы провели сравнительный анализ наиболее распространенных методов расчета сопротивления воды движению пассажирских катамаранов. Сравнение результатов этого анализа и натурных испытаний пассажирского катамарана «Москва», а также выполненные нами расчеты позволили установить следующее:

- при выборе метода расчета сопротивления необходимо ориентироваться на соответствие главных размерений и обводов формы корпуса проектируемого судна аналогичным показателям серии судов, для которой этот метод был разработан;
- результаты проведенных ходовых испытаний согласуются с расчетами ходкости, предоставленными проектантом для катамарана «Москва»;
- результаты расчетов сопротивления по методу Pham, Kantimahanthi и Sahoo согласуются с проектными данными;
- в результате ходовых испытаний выявлены технические неисправности пропульсивной установки, не позволяющие судну двигаться с проектной скоростью;
- метод Pham, Kantimahanthi и Sahoo будет использован в разрабатываемой авторами математической модели проектирования пассажирских катамаранов для Социалистической Республики Вьетнам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китаев М.В., Ха Ван Зуи. Анализ морских пассажирских перевозок и типов судов в Социалистической Республике Вьетнам // Вестник Инженерной школы ДВФУ. Владивосток, 2018. № 3(36). С. 65–75. DOI.org/10.5281/zenodo.1408231
2. Назаров А.Г. Расчеты сопротивления малых судов // Журнал катера и яхты. 2012. № 3 (237). С. 110–113.
3. Назаров А.Г. Особенности проектирования катамаранов // Катера и яхты. 2015. № 2 (254). С. 52–57.

4. Bui Van Minh, Le Quoc Tien. Vietnam maritime economy and measures for improving the enforcement and effectiveness of maritime administration. *Maritime Science and Technology Magazine*. 2016(3);46:122–127.
5. Insel M., Molland A.F. An Investigation into Resistance Components of High-Speed Displacement Catamarans. *Trans. of Royal Institute of Naval Architects*. 1992(134):1–20.
6. Molland A.F., Turnock S.R., Hudson D.A. *Ship Resistance and Propulsion*. 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 2017, 626 p.
7. Pham X.P., Kantimahanthi K., Sahoo P.K. Wave Resistance Prediction of Hard-Chine Catamarans through Regression Analysis. *Proc. 2nd Intern. Euro Conf. on High Performance Marine Vehicles (HIPER'01)*. Hamburg, Germany, 2001, pp. 382–394.
8. Phát triển khoa học - công nghệ, thiết kế tàu thủy đảo tạo và phát triển nguồn nhân lực giai đoạn 2011 – 2020 định hướng đến năm 2030. URL: <http://sbic.com.vn/nghien-cuu--thiet-ke/Phat-trien-khoa-hoc--cong-nghe-thiet-ke-tau-thuy-dao-tao-va-phat-trien-nguon-nhan-luc-giai-doan-2011--2020-dinh-huong-den-nam-2030.html?p=10&id=1088> – 04.10.2019.
9. Sahoo P.K., Salas M.A. Experimental and CFD study of Wave Resistance of High-speed Round Bilge Catamaran Hull Forms Browne. *Proc. of the 4th Intern. Conf. on High Performance Marine Vehicles (HIPER'04)*. Rome, Italy, 2004, pp. 55–67.
10. Sahoo P.K., Salas M.A. Practical evaluation of resistance of high-speed catamaran hull forms. *Ships and Offshore Structures*. 2007(2);4: 307–324.
11. Schwetz A., Sahoo P.K. Wave Resistance of Semi-Displacement High Speed Catamarans through CFD and Regression Analysis. *Proc. 3rd Intern. Euro Conf. on High Performance Marine Vehicles (HIPER'02)*. Bergen, Norway, 2002, pp. 355–368.
12. Văn Duy Ngọc Tân. Phân tích báo cáo tài chính công ty cổ phần tàu cao tốc Superdong. Phân tích báo cáo/ 04 tháng 01 năm 2019.

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2019. N 4/41
Ship Design, Construction of Vessels

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2019-4-6>

Kitaev M., Ha Van Duy

MAKSIM KITAEV, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
 AuthorID: 642490, SPIN: 9464-6580, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5345-6333>,
 ScopusID:16024898400, ResearcherID: S-3554-2018, e-mail: kitaev.mv@dvfu.ru
 HA VAN DUY, PhD Student, e-mail: vmured4289@gmail.com
 Department of Shipbuilding and Ocean Engineering, School of Engineering
Far Eastern Federal University
 8 Sukhanova St., Vladivostok, Russia, 690091

Calculation of resistance of passenger catamarans: methods comparison

Abstract: There is a steady tendency to increase passenger traffic in the Socialist Republic of Vietnam (SRV). This tendency leads to updating the existing fleet with modern vessels which satisfy requirements for comfort and safety. The catamarans type vessels are fully satisfy these requirements as passenger vessels. The shipbuilding industry development in the SRV involves the creation and improvement of its national production, scientific and technological bases, as well as the development and implementation of new methods and models for design and building of ships. Thus, the initial design stage of catamaran vessels is the important stage in ship design process and the choice of appropriate resistance calculation method also has a great importance. The choice is based on similarity of line drawing, hull form coefficients and main dimensions of the project with the same parameters of tested model series. However, similarity of main dimensions does not guar-

antee the acceptable accuracy of calculation results. The methods of catamaran resistance calculation which are recommended by various authors give significantly different results, which require preliminary work aimed to the search of an appropriate method. The final method is planned to be applied as a core of mathematical model in designing of passenger catamarans for the Socialist Republic of Vietnam.

This paper describes the results of comparative analysis of catamaran resistance calculation methods which are used at the initial stage of design. The comparison of calculation results with sea trial test of passenger catamaran *Moscow* which operates between Vladivostok and Popov Island.

Keywords: Socialist Republic of Vietnam, passenger catamarans, water resistance, calculation methods, sea trials.

REFERENCES

1. Kitaev M.V., Ha Van Duy A survey of the passenger traffic and vessel types of Vietnam. FEFU: School of Engineering Bulletin. 2018;3 (36):65–75. DOI.org/ 10.5281/zenodo.1408231
2. Nazarov A.G. Resistance calculations of small boats. Motor Boat & Yachting. 2012; 3:110–113.
3. Nazarov A.G. Features of catamaran vessels design. Motor Boat & Yachting. 2015; 2: 52–57.

For a complete list of references, see the previous page.