Проектирование и конструкция судов

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-5>
УДК 629.12

Зуи Ха Ван, М.В. Китаев

ХА ВАН ЗУИ – аспирант, e-mail: vnmured4289@gmail.com
КИТАЕВ МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ – к.т.н., доцент, SPIN: 9464-6580,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5345-6333>, ResearcherID: S-3554-2018,
ScopusID: 16024898400, e-mail: kitaev.mv@dvfu.ru
Политехнический институт (Школа)
Дальневосточный федеральный университет
Владивосток, Россия

Математическая модель оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов

Аннотация: Увеличение объемов морских пассажирских перевозок в Социалистической Республике Вьетнам обуславливает необходимость разработки новых методов и моделей для проектирования конкурентоспособных судов. Этот поиск рациональных проектных решений отвечает современным требованиям экономической и функциональной эффективности, учитывает специфику и региональные особенности страны. Скоростные пассажирские катамараны хорошо зарекомендовали себя в сегменте пассажирских перевозок, так как конструктивные особенности выделяют их на фоне судов других типов. В статье рассмотрена математическая модель оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов. Приведены основные аналитические зависимости, составляющие основу математической модели. На примере линии г. Ратьзя–о. Фукуок показаны результаты оптимизации основных проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов, в качестве которых рассматривались скорость хода и пассажировместимость.

Ключевые слова: Социалистическая Республика Вьетнам, скоростные пассажирские катамараны, математическая модель проектирования катамаранов, оптимизация проектных характеристик.

Введение

В силу национальных и географических особенностей морской транспорт во Вьетнаме является наиболее востребованным, а его растущая популярность приводит к ежегодному увеличению объемов морских туристических и пассажирских перевозок. В настоящее время наиболее перспективными направлениями являются перевозки, соединяющие морские порты провинции Кензанг с о. Фукуок. Согласно статистике, за период с 2006 по 2019 г. наблюдается ежегодное увеличение пассажиропотока в данном направлении [9] (рис. 1).

В настоящее время на линиях г. Ратьзя–о. Фукуок и г. Хатьен–о. Фукуок и других островах (Хонтре, Хонсон и Намзу) работает около 10 пассажирских катамаранов и 15 одно-корпусных судов, в том числе два катамарана Phu Quoc 5 и Phu Quoc 7 пассажировместимостью 292 чел. каждый.

На о. Фукуок туристы могут добраться как по воздуху, так и морем из двух городов Ратьзя и Хатьен. Но более чем две трети туристов предпочитают добираться морем на пассажирских судах из-за меньшей стоимости билета и возможности полюбоваться местными видами. Поэтому местные компании-перевозчики рассматривают варианты проектирования и постройки новых пассажирских судов.

© Ха Ван Зуи, Китаев М.В., 2020

О статье: поступила 08.04.2020; финансирование: бюджет ДВФУ.

Таким образом, определение основных проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов для Социалистической Республики Вьетнам (СРВ) в условиях ежегодно увеличивающегося пассажиропотока является актуальной задачей, решение которой невозможно без создания соответствующих математических моделей, учитывающих специфику и региональные особенности рассматриваемого региона. Создание такой модели и стало целью настоящей работы.

Рис. 1. Динамика туристического потока о. Фукуок.
Иллюстрации, кроме рис. 3 и рис. 5, выполнены авторами статьи.

С позиций системного подхода математическая модель оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов относится к нижнему уровню внешней задачи проектирования, связанному с уточнением (дообоснованием) характеристик судов, указанных в техническом задании, включая проверку совместимости требований с учетом условий их постройки и эксплуатации [1]. При этом к основным характеристикам относят величины, в наибольшей степени влияющие на экономический эффект. Для пассажирских катамаранов это скорость и пассажировместимость.

В рассматриваемой математической модели реализованы два уровня проектирования. То есть результаты, полученные при решении внешней задачи, являются исходными для последующего решения внутренней задачи проектирования, связанной с определением главных размерений и обоснованием проектных решений по отдельным подсистемам судна.

Описание математической модели

Математическая модель играет главную роль в решении задачи оптимизации характеристик скоростных пассажирских катамаранов для СРВ и переставляет собой совокупность выражений, описывающих основные свойства и качества судна во взаимосвязи с его элементами и характеристиками.

В качестве исходных данных в рассматриваемой модели выступают величины, позволяющие учитывать географические и региональные особенности, а также специфику проектирования, постройки и эксплуатации скоростных пассажирских катамаранов в СРВ, что положительно сказывается как на адекватности математической модели, так и на достоверности результатов моделирования.

Ввиду сложности, обусловленной многоуровневостью и нелинейностью решаемой задачи, математическая модель состоит из отдельных вычислительных блоков и имеет алгоритмическую структуру (см. рис. 2). Для реализации оптимизационного подхода и автоматизации вычислений все блоки программно реализованы в виде файл-функций, с заранее за-

данным количеством входных и выходных аргументов. Такой подход позволяет сделать модель универсальной и использовать ее при решении оптимизационных задач, относящихся к разным уровням проектирования.

Рис. 2. Блок-схема математической модели оптимизации характеристик скоростных пассажирских катамаранов.

Из представленной блок-схемы видно, что в математической модели реализованы расчеты, составляющие основу таких дисциплин, как проектирование судов и теория корабля, а именно: определение главных размерений, выбор формы корпуса и типа соединительного моста катамарана, проектирование общего расположения, определение характеристик движительно-рулевого комплекса и составляющих водоизмещения, оценка мореходных качеств, эксплуатационных и экономических показателей судна и др.

Таким образом, вычислительные блоки, входящие в состав рассматриваемой математической модели, направлены на решение следующих задач.

- Выбор типа задачи оптимизационного проектирования и ввод исходных данных.
- Общее проектирование судна и определение характеристик его подсистем.
- Определение эксплуатационно-экономических показателей функционирования.
- Определение внешних воздействий и оценка мореходных качеств.
- Оптимизация проектных решений.
- Визуализация (вывод) результатов оптимизации.

Рассмотрим основные зависимости, составляющие основу математической модели оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов.

Главные размерения на начальных этапах проектирования определяются по статистическим зависимостям, полученным авторами в результате анализа судов-прототипов, построенных в период 1980–2020 гг. [2]:

$$L_o = 0,037 \cdot n + 21,01;$$

$$L = 0,921 \cdot L_o + 0,64;$$

$$B_o = 0,145 \cdot L_o + 4,35;$$

$$H = 0,059 \cdot L_o + 1,16;$$

$$B_1 = 0,116 \cdot L + 1,22;$$

$$T = 0,036 \cdot L + 0,22;$$

где n – количество пассажиров, чел.; L_o , B_o – наибольшая длина и ширина судна, м; L , B_1 , T , H – длина, ширина, осадка и высота борта одного корпуса катамарана соответственно, м.

Особенность математической модели – возможность выбора обводов формы корпуса и типа соединительного моста скоростных пассажирских катамаранов, для чего используются обводы стандартных серий, представленные на рисунках 3 и 4. Такой подход позволяет учитывать влияние главных размерений, формы корпуса и соединительного моста на ходовые и прочностные характеристики судна.

**Рис. 3. Формы обводов моделей судов катамаранного типа:
а – Molland; б – Schwetz; в – Pham; г – Sahoo [8].**

Форма соединительного моста катамарана зависит от условий эксплуатации и в модели принимается исходя из сравнения действующих гидродинамических нагрузок.

Каждой из рассматриваемых в математической модели форме корпуса соответствуют определенные диапазоны изменения соотношений главных размерений, относительных скоростей, коэффициентов полноты и других параметров (см. табл. 1).

Рис. 4. Форма моста катамарана:
а – прямоугольный; б – арочного типа; в – v-образный.

Таблица 1

Диапазоны изменения проектных характеристик моделей катамаранов [8]

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

Планировка общего расположения пассажирского катамарана, расчет вместимости и необходимой площади палуб осуществляется исходя из требуемого количества пассажиров и полученных ранее значений главных размерений. Для этого в модели приняты следующие элементы, влияющие на общее расположение судна и его внешнюю архитектуру: пассажирские салоны, служебные и сервисные помещения, рулевая рубка, открытые пространства на палубах.

Количество ярусов надстройки влияет на внешнюю архитектуру и строительную стоимость катамарана. Для катамаранов, построенных в период с 2000 по 2020 г., на рис. 5 показана диаграмма зависимости числа ярусов надстройки от количества пассажиров.

Рис. 5. Зависимость числа ярусов надстройки от количества пассажиров.

Исходя из анализа вышеприведенной диаграммы в математической модели приняты следующие компоновочные схемы: при пассажировместимости:

- менее 150 чел. используется однопалубная архитектурно-конструктивная схема;
- от 150 до 500 чел. – двухпалубная архитектурно-конструктивная схема;

– более 400 чел. – трехъярусная архитектурно-конструктивная схема (в модели задается дополнительной опцией).

Схема размещения пассажиров и количество рядов в салоне также задаются.

Для расчета водоизмещения использовалась зависимость вида

$$D = D_0 + DW, \quad (1)$$

где D_0 – водоизмещение порожнем, т; DW – дедвейт, т.

Водоизмещение порожнем определяется по формуле

$$D_0 = P_{str} + P_{out} + P_{eq} + P_m, \quad (2)$$

где P_{str} – масса корпусных конструкций катамарана, т; P_{out} – масса оборудования корпуса, т; P_m – масса механизмов; P_{eq} – масса снабжения, т.

Вышеприведенные составляющие нагрузки определялись по приближенным зависимостям, основанным на обработке статистического материала по существующим судам-прототипам [3].

Дедвейт DW определяется по формуле

$$DW = P_p + P_f + P_w, \quad (3)$$

где P_p – масса пассажиров и экипажа с багажом, т; P_f – масса топлива и смазочного масла, т; P_w – масса пресной воды, т.

Расчет ходкости направлен на выбор подходящей энергетической установки для проектируемого судна, параметры которой достаточны для достижения заданной скорости хода. Для этого необходимо знать значение сопротивления воды движению судна, эффективность работы его движителей (пропульсивный коэффициент полезного действия) и коэффициенты взаимодействия винта и корпуса.

Для определения сопротивления использовалась зависимость вида

$$R = R_{TB} + R_{AW} + R_{WIND}, \quad (4)$$

где R_{TB} – сопротивление на тихой воде; R_{AW} – добавочное сопротивление на волнении; R_{WIND} – аэродинамическое сопротивление.

Для определения сопротивления на тихой воде использовались методы, основанные на результатах серийных испытаний масштабных моделей катамаранов [8], форма корпуса которых была показана на рис. 2.

Дополнительное сопротивление на нерегулярном волнении определялось согласно рекомендациям [4]:

$$r_{AW} = \frac{R_{AW}}{\rho \cdot g \cdot h_{1/3}^2 \cdot (B_1^2 / L)}, \quad (5)$$

где $h_{1/3}$ – высота волны 3% обеспеченности, м.

Аэродинамическая составляющая определялась по следующей зависимости [6]:

$$R_{WIND} = C_w \frac{\rho_w (V_s + V_w)^2}{2} S_w, \quad (6)$$

где C_w – коэффициент аэродинамического сопротивления; ρ_w – плотность воздуха; V_s и V_w – скорость движения судна и скорость ветра соответственно; S_w – площадь проекции надводной части катамарана.

Выбор мощности и типа главной энергетической установки – одна из важнейших задач, решаемых в модели оптимизации основных характеристик. С учетом результатов расчета сопротивления расчетная мощность энергетической установки определяется по формуле

$$N_{dv} = \frac{0.5144 V_s T_E}{\eta_D \eta_B \eta_{\Pi}}, \quad (7)$$

где V_s – эксплуатационная скорость движения судна, уз; T_E – тяга винтов, кН; η_D – пропульсивный КПД; η_B – КПД валопровода; η_{Π} – КПД передачи.

Расчет геометрических и гидродинамических характеристик движительного комплекса производится с использованием коэффициента K_{DT} «диаметр–упор». При этом упор определяется исходя из заданной скорости хода, а диаметр принимается максимальным исходя из условия размещения.

Следующим этапом является выбор подходящего по мощности и оборотам главного двигателя и, в случае необходимости, – редуктора. Для этого используются составленные на основе современных каталогов судовых двигателей и редукторов две базы данных. При этом выбор главного двигателя осуществляется в несколько этапов:

- определение подходящих по мощности главных двигателей;
- определение двигателей, подходящих по оборотам и требующих использования редуктора для передачи крутящего момента на винт;
- определение массы пропульсивной установки;
- выбор типа, характеристик главного двигателя и редуктора (в случае его применения) исходя из критерия – минимум массы пропульсивной установки.

Исходя из того факта, что катамараны, эксплуатирующиеся DNV GL в настоящее время в СРВ, спроектированы и построены в соответствии с требованиями правил DNV GL, то в настоящей работе эти правила были приняты за основные при определении действующих значений расчетных нагрузок.

Вертикальные ускорения, используемые в оценке инерционных усилий, передаваемых на конструкции корпуса катамарана, рассчитываются по формулам, приведенным в правилах DNVGL [5]. Так, для относительных скоростей, удовлетворяющих условию $V/\sqrt{L} \geq 3$, используется формула следующего вида:

$$a_{cg} = \frac{k_h \cdot g}{1650} \cdot \left(\frac{h_3}{2 \cdot B_1} + 0.084 \right) \cdot (50 - \beta_{cg}) \cdot \left(\frac{Vs}{\sqrt{L}} \right)^2 \cdot \frac{L \cdot (2B_1)^2}{D}, \text{ м/с}^2, \quad (8)$$

где k_h – коэффициент, учитывающий тип скоростного судна (для однокорпусных и катамаранов принимается равным 1,0); β_{cg} – коэффициент (10–30°).

В рассматриваемой математической модели принято ограничение, согласно которому вертикальные ускорения, действующие на пассажиров, не должны превышать 50% от ускорения свободного падения.

Период бортовой качки катамарана вычисляется по следующей формуле [5]:

$$T_R = \beta_c \frac{2\pi}{\sigma_R}, \text{ с}, \quad (9)$$

где β_c – поправочный множитель к периоду бортовой качки; σ_R – частота волн, 1/с.

Согласно Правилам DNV GL [5], поперечный изгибающий момент, действующий в плоскости мидель-шпангоута, как показано на рис. 6, для катамаранов, удовлетворяющих условиям $V/L^{0.5} \geq 3$ и $L < 50$ м, определяется по формуле

$$M_s = \frac{D \cdot a_{cg} \cdot s}{z}, \text{ кНм}, \quad (10)$$

где D – водоизмещение судна; a_{cg} – вертикальные ускорения; s – расстояние между ДП корпусов; z – коэффициент.

Перерезывающая сила S , действующая в поперечном сечении соединительного моста, согласно Правилам, рассчитывается по формуле

$$S = \frac{D \cdot a_{cg}}{q}, \text{ кН}, \quad (11)$$

где q – коэффициент, зависящий от типа судна.

Крутящий момент вокруг продольной оси, согласно Правилам DNV GL, рассчитывается по формуле

$$M_t = \frac{D \cdot a_{cg} \cdot s}{4}, \text{ кНм}. \quad (12)$$

Рис. 6. Схемы приложения расчетных нагрузок [5].

Крутящий момент, действующий относительно поперечной оси, рассчитывается по формуле

$$M_p = \frac{D \cdot a_{cg} \cdot L}{8}, \text{ кНм.} \quad (13)$$

Для оценки экономической эффективности пассажирских катамаранов необходимо определить показатели их функционирования (элементы и характеристики рейса), стоимость постройки и эксплуатационные затраты.

Ходовое время судна в сутках зависит от скорости движения протяженности линии и определяется по формуле

$$t_v = \frac{2l}{24V_s}, \quad (14)$$

где l – протяженность линии, миль.

В результате анализа существующих морских пассажирских маршрутов установлено, что стояночное время зависит от удаленности пункта назначения и востребованности у туристов данного направления перевозок. Например, для о. Фукуок составляет от одного-двух рейсов в день для катамаранов типа Phu Quoc 5 пассажироместимостью 292 чел.

Время рейса рассчитывается по формуле

$$t_t = t_v + t_s, \quad (15)$$

где t_s – время стоянки.

Число рейсов, совершаемых судном в течение года, рассчитывается по формуле

$$\tau = \frac{T}{t_t}, \quad (16)$$

где T – период навигации, за исключением времени ремонтов и простоя во время тайфунов.

Ходовое время и стояночное время за год вычисляются по формулам следующего вида:

$$T_t = t_t \tau \text{ и } T_s = t_s \tau. \quad (17)$$

Полная строительная стоимость пассажирского катамарана в млн. долл. определяется по формуле

$$C_{bc} = C_{str} + C_{eq} + C_m, \quad (18)$$

где C_{str} – стоимость корпуса; C_{eq} – стоимость оборудования; C_m – стоимость энергетической установки и оборудования.

Суммарные эксплуатационные расходы (млн. долл.) определяются по формуле [7]

$$C_{ecat} = f \cdot C_{bc} + C_{var} + C_{const}, \quad (19)$$

где f – коэффициент дополнительных затрат (0,05 ÷ 0,1); C_{var} – переменные расходы; C_{const} – постоянные расходы.

Годовой доход (млн. долл.) от эксплуатации пассажирского катамарана вычисляется по формуле следующего вида:

$$I_n = tic \cdot n_{trip} \cdot n \cdot n_p \cdot 10^{-6}, \quad (20)$$

где tic – стоимость билета, долл.; n – количество пассажиров; n_p – коэффициент загрузки судна пассажирами.

Прибыль от эксплуатации катамарана (млн. долл.) определяется по формуле

$$P_{ro} = I_n - C_{ecat}, \quad (21)$$

Прибыль после уплаты налогов:

$$P_r = P_{ro} - t_{ax} \cdot P_{ro}, \quad (22)$$

где t_{ax} – налоговая ставка (для СРВ составляет 20%).

Результаты моделирования

Работоспособность математической модели оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов проиллюстрируем для различных форм обводов, ранее показанных на рис. 3. В рассматриваемом примере диапазоны изменения оптимизируемых переменных были приняты следующие: $n = 100 \div 350$ чел., $V_s = 18 \div 35$ уз. Линия эксплуатации г. Ратъзя–о. Фукуок. Отдельно задавались значения величин, характеризующих региональные гидрометеорологические особенности рассматриваемого района эксплуатации: высота волны, скорость ветра, расстояния между портами, цена билета, ставка налога в СРВ и коэффициент загрузки катамарана пассажирами. Графический интерфейс программы и результаты оптимизации представлены на рис. 7.

На графике, представленном на рис. 7, г, синим цветом отмечена линия оптимальности, соответствующая сочетанию наилучших значений оптимизируемых переменных во всем рассматриваемом диапазоне их изменения.

Более детально (с промежуточными значениями) результаты оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов для трех видов обводов формы корпуса показаны в табл. 2.

Рис. 7. Графический интерфейс программы оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов: а – окно выбора типа оптимизационной задачи; б – окно ввода региональных параметров; в – окно ввода диапазона изменения проектных переменных и выбора формы обводов; г – визуализация результатов оптимизации в графическом виде.

Таблица 2

Результаты оптимизации по критерию «срок окупаемости»

Форма корпуса	Тип обводов (см. рис. 3)					
	Pham		Schwetz		Sahoo	
	F_{min}	V_s	F_{min}	V_s	F_{min}	V_s
n = 100 чел.	5.56	20.64	4.17	23.94	7.18	24.58
n = 150 чел.	2.98	21.96	2.45	25.78	3.36	26.20
n = 200 чел.	2.34	23.12	1.98	26.71	2.56	26.72
n = 246 чел.	—	—	1.88	27.10	—	—
n = 250 чел.	2.12	23.51	1.88	27.10	2.38	25.81
n = 251 чел.	2.19	23.52	—	—	—	—
n = 252 чел.	—	—	—	—	2.38	25.82
n = 300 чел.	2.35	23.48	2.04	26.97	2.56	25.67
n = 350 чел.	3.10	23.70	2.65	27.59	3.39	24.81

На рис. 8 показан пример представления результатов оптимизации по критерию срока окупаемости для обводов с килеватым днищем.

а

б

в

Рис. 8. Результаты оптимизации проектных характеристик катамарана: а, б – зависимость критерия от пассажировместимости и скорости; в – форма представления результатов оптимизации.

На рисунках 9–11 показаны примеры представления результатов оптимизации по критерию срока окупаемости для других типов обводов, учитываемых в модели.

В результате моделирования установлено, что для рассматриваемой линии перевозок г. Ратзья–о. Фукуок влияние формы корпуса и типа соединительного моста на оптимальные значения основных проектных характеристик пассажирских катамаранов незначительное:

- плоскокилеватые обводы: $V_s = 23.51$ уз. и $n = 251$ чел.;
- круглоскулые обводы: $V_s = 27.07$ уз. и $n = 246$ чел.;
- V-образные обводы: $V_s = 25.81$ уз. и $n = 252$ чел.

Рис. 9. Визуализация результатов оптимизации для разных обводов:
а – Schwetz; б – Sahoo и др. [8].

Рис. 10. Результаты оптимизации проектных характеристик катамарана:
а, б – зависимость критерия от пассажировместимости и скорости;
в – форма представления результатов оптимизации.

Рис. 11. Результаты оптимизации проектных характеристик катамарана:
а, б – зависимость критерия от пассажировместимости и скорости;
в – форма представления результатов оптимизации.

Одним из преимуществ автоматизированного подхода к оптимизации проектных характеристик катамарана является возможность передачи результатов оптимизации посредством таблицы параметров в рабочую среду системы автоматизированного проектирования SolidWorks и создание параметрической трехмерной модели корпуса пассажирского катамарана. Такой подход позволяет значительно ускорить процесс создания 3D моделей и рассмотреть различные конфигурации судов, отличающихся как обводами формы корпуса и общим расположением, так и внешней архитектурой.

Взаимосвязь программного комплекса, разработанного на основе рассматриваемой математической модели, позволила реализовать автоматизированный подход к проектированию пассажирских катамаранов и более детально рассмотреть вопросы общего проектирования, конструкции, прочности и гидродинамики судов, отличающихся как формой и обводами корпуса, так и типом соединительного моста.

В качестве примера на рис. 12 показаны результаты использования 3D моделей, размеры которых получены в результате оптимизации по критерию срока окупаемости, для анализа влияния формы обводов и типа соединительного моста катамарана на его гидродинамические, массогабаритные и прочностные характеристики.

Рис. 12. Использование параметрических моделей для отдельных видов анализа средствами САПР.

Заключение

На начальных стадиях проектирования использование математических моделей оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов позволяет анализировать влияние условий эксплуатации, параметров формы корпуса и окружающей среды на оптимальные решения.

Блочная структура математической модели позволяет использовать отдельные блоки, программно реализованные в виде файл-функций, для решения задач, относящихся к различным уровням проектирования и отличающихся степенью детализации получаемых проектных решений.

Решения, реализованные в математической модели и относящиеся к определению элементов движительно-рулевого комплекса, позволяют значительно упростить и автоматизировать процесс подбора типа главной энергетической установки, способа передачи крутящего момента и геометрических характеристик гребного винта.

Возможность передачи результатов оптимизации в систему автоматизированного проектирования посредством таблицы параметров позволяет осуществлять автоматизированный подход к проектированию скоростных пассажирских катамаранов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов: в 2 т. Т. 1. Описание системы «Корабль». СПб.: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. 819 с.
2. Китаев М.В., Ха Ван Зуи. Анализ морских пассажирских перевозок и типов судов в Социалистической Республике Вьетнам // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2018. № 3(36). С. 65–75. DOI.org/10.5281/zenodo.1408231.
3. Лвин Мин Кхант. Методика проектного обоснования скоростных катамаранов для внутренних водных путей Союза Мьянма: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2016. 195 с.
4. Armstrong N.A., Schmieman A. On the Added Resistance of Catamarans in Waves. Presented at the 8th Intern. Conf. on Fast Sea Transportation, FAST-2005. St Petersburg, 2005, p.1–8.
5. DNV GL. Rules for classification of high speed and light craft. January 2020.
6. Molland A.F., Turnock S.R., Hudson D.A. Ship Resistance and Propulsion. 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 2017, 626 p.
7. Moraes H.B., Vasconcellos J.M., Almeida P.M. Multiple criteria optimization applied to high speed catamaran preliminary design. Ocean Engineering. 2007;34(1):133–147.

8. Sahoo P.K., Salas V., Schwetz A. Practical evaluation of resistance of high-speed catamaran hull forms. Part 1. Ships and Offshore Structures. 2007;2(4):307–324.
9. Sớ du lịch tỉnhkiêngiang. Kien Giang Departmant of Tourism. URL: <https://sdl.kien-giang.gov.vn/trang/TinTuc/tinchuyenmuc.aspx?chuyenmuc=116> – 08.04.2020.

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2020. N 3/44

Ship Design and Construction

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-5>

Ha Van Duy, Kitaev M.

HA VAN DUY, PhD Student, e-mail: vnured4289@gmail.com

MAKSIM KITAEV, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, SPIN: 9464-6580,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5345-6333>, ScopusID:16024898400,

ResearcherID: S-3554-2018, e-mail: kitaev.mv@dvfu.ru

Politechnical Institute

Far Eastern Federal University

Vladivostok, Russia

Mathematical model for optimization of design characteristics of high-speed passenger catamarans

Abstract: Continuous growth of marine passenger traffic in Socialist Republic of Vietnam is the key factor for the necessity to develop new methods and models to ensure rational design solutions in line with up-to-date requirements to economic and operational efficiency. As a rule, these models should take regional specifics of Vietnam into account. The high-speed catamarans fully satisfy these requirements as passenger vessels. In this paper the mathematical model for optimization of design characteristics of high-speed passenger catamarans is considered. The block-diagram and analytical dependencies which are the core of the mathematical model are given herein. As an example, results of optimization of design characteristics (speed and passenger capacity) of high-speed passenger catamarans for Rach Giato Phu – Quoc are shown.

Keywords: Socialist Republic of Vietnam, high-speed passenger catamarans, mathematical model of catamaran vessel, optimization of design characteristics.

REFERENCES

1. Gaykovich A.I. The theory of design of displacement ships and vessels. In 2 vol., vol. 1. Description of the “Ship” system. SPb., Publishing house of SIC MORINTECH, 2014, 819 p.
2. Kitaev M.V., Ha Van Duy. A survey of the passenger traffic and vessel types of Vietnam. FEFU: School of Engineering Bulletin. 2018;(36):65–75. DOI.org/ 10.5281/zenodo.1408231
3. Lvin Min Khant. Methodology for the design justification of high-speed catamarans for the interior water ways of Union of Myanmar. Thesis for the Degree of Ph.D. St. Petersburg, 2016, 195 p.
4. Armstrong N.A., Schmieman A. On the Added Resistance of Catamarans in Waves. Presented at the 8th Intern. Conf. on Fast Sea Transportation, FAST-2005. St Petersburg, 2005, p. 1–8.
5. DNV GL. Rules for classification of high speed and light craft. January 2020.
6. Molland A.F., Turnock S.R., Hudson D.A. Ship Resistance and Propulsion. 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 2017, 626 p.
7. Moraes H.B., Vasconcellos J.M., Almeida P.M. Multiple criteria optimization applied to high speed catamaran preliminary design. Ocean Engineering. 2007;34(1):133–147.
8. Sahoo P.K., Salas V., Schwetz A. Practical evaluation of resistance of high-speed catamaran hull forms. Part 1. Ships and Offshore Structures. 2007;2(4):307–324.
9. Sớ du lịch tỉnhkiêngiang. Kien Giang Departmant of Tourism. URL: <https://sdl.kien-giang.gov.vn/trang/TinTuc/tinchuyenmuc.aspx?chuyenmuc=116> – 08.04.2020.