

УДК 629.12

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi66.155>

Методика оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов

Ха Ван Зун¹

М.В. Китаев¹

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

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены основы методики оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов (СПК). Цель работы состоит в определении роли и места предлагаемой методики в развитии морских пассажирских перевозок и островного туризма в Социалистической Республике Вьетнам и иллюстрации ее возможностей применительно к интересам разных участников этого процесса. Как правило, существующие суда приобретены на вторичном рынке, а новые часто проектируются и строятся на зарубежных верфях, поэтому необходимость разработки собственных методов проектирования, учитывающих региональные особенности Вьетнама, является очевидной. Новизна работы состоит в том, что предлагаемая методика учитывает региональные особенности, объединяет математические и оптимизационные модели различных уровней проектирования и позволяет учитывать интересы участников программы развития морской транспортной инфраструктуры и туризма Вьетнама. При разработке методики использованы методы теории корабля, проектирования судов, математического программирования и статистики. В статье приводятся результаты оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов, выполнено их сравнение с главными размерениями современных судов рассматриваемого типа. Предлагаемая методика может использоваться при проектировании и оценке экономической эффективности скоростных пассажирских катамаранов, а полученные результаты - при разработке программы развития морской транспортной инфраструктуры и туризма Вьетнама.

Ключевые слова: методика, скоростные пассажирские катамараны, оптимизация, характеристики, математические модели, эффективность, региональные особенности.

The method for optimization of design characteristics of high speed passenger catamarans

Ha Van Duy¹

M.V. Kitaev¹

¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Abstract. In this paper we discuss the theoretical principles of the method of design characteristics optimization of high-speed passenger catamarans. The goal of the paper is to determine the role and place of the proposed method in the development of sea passenger traffic and island tourism in the Socialist Republic of Vietnam and to illustrate its capabilities in relation to the interests of different participants of process. As a rule, the existing ships are purchased on the secondary market, and the new ones are often designed and built at foreign shipyards. This is a reason to develop the design methods that take into account the regional characteristics of Vietnam. The novelty of this research is based on the fact that the proposed method takes into account the regional features, combines mathematical and optimization models of various design levels and allows to consider the interests of participants of a program for development of maritime transport infrastructure and tourism in Vietnam. The

theoretical principles of ship theory, ship design, mathematical programming and statistics were used for the method development.

In this paper we present the results of design characteristics of high-speed passenger catamarans optimization and comparative analysis of these results with the main dimensions of modern high-speed passenger catamarans. The proposed method can be used in the design and assessment of the economic efficiency of high-speed passenger catamarans. The results can be used in Vietnam government program oriented to development of sea transport infrastructure and tourism.

Keywords: method, high-speed passenger catamarans, optimization, characteristics, mathematical models, efficiency, regional features.

Введение

Для осуществления морских пассажирских перевозок во Социалистической Республике Вьетнам (СРВ) используются суда различных типов: пассажирские и грузопассажирские паромы, круизные суда, скоростные катамараны и др. [2]. Динамика приобретения судоходными компаниями СРВ новых судов показывает, что катамараны хорошо зарекомендовали себя в сегменте морских пассажирских перевозок между материком и многочисленными островами, так как конструктивные особенности выделяют их на фоне судов других типов и обеспечивают ряд преимуществ, относящихся к мореходным качествам, безопасности мореплавания и комфорту [8, 15]. Следовательно, разработка методов и методик проектирования современных скоростных пассажирских катамаранов, учитывающих региональные особенности постройки и эксплуатации СРВ является актуальной задачей.

Развитие морского островного туризма в СРВ представляет собой процесс, ориентированный на долгосрочную перспективу [6], требующий комплексного подхода и кооперации в деятельности как частных компаний (туристических, строительных, научно-исследовательских, проектных, судостроительных, логистических, судоходных, банковского сектора и др.), часто выступающих в качестве инвесторов и заказчиков, так и государственных структур – правительства Вьетнама, включая различные его министерства, ведомства и службы.

Описание методики

Для определения роли и места рассматриваемой методики целесообразно выполнить декомпозицию задачи развития островного туризма в СРВ на составляющие, характеризующиеся своими целями и задачами, оценками эффективности, уровнями сложности, участниками и другими показателями.

Исходя из представленной на рис. 1 блок-схемы видно, что предлагаемая методика оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов является связующим звеном между государством, частными инвесторами, судоходными компаниями, проектными бюро, представителями курортного бизнеса и туроператорами, позволяя оценивать эффективность различных вариантов создаваемой транспортной системы с учетом реальной потребности в пассажирских перевозках.



Рис. 1. Роль и место методики оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов в развитии островного туризма

В рассматриваемой методике реализована возможность выбора уровня проектирования скоростных пассажирских катамаранов - внутренний и внешний [1]. Так, в рамках решения задач внешнего проектирования определяются тип и количество судов, отвечающих потребностям транспортной системы рассматриваемого района Вьетнама (верхний уровень), а также скорость и пассажировместимость новых судов (нижний уровень). В рамках решения задач внутреннего проектирования определяются соотношения главных размерений СПК (верхний уровень) и характеристики основных подсистем СПК (главного двигателя, редукторной установки и гребного винта) (нижний уровень).

Декомпозиция общей задачи проектирования скоростных пассажирских катамаранов на несколько подзадач, относящихся к разным уровням и обладающих различной степенью детализации проектных решений, позволяет использовать предлагаемую методику как на этапах концептуального проектирования и определения перспективных направлений развития морского и островного туризма в СРВ, так и при детальном проектировании судов катамаранного типа, включая выбор основных характеристик и элементов судна, а также отдельных его подсистем. В результате этого заказчики (государство или частные инвесторы) могут анализировать и сравнивать различные варианты проектных решений и способов осуществления пассажирских перевозок на рассматриваемой линии, учитывая те факторы, которые имеют наибольшее значение, не вдаваясь в детали решения задач, относящихся к нижележащим уровням.

Описание моделей

С позиций проектирования судов в предлагаемой методике реализованы модели, относящиеся к внешней и внутренней задачам, которые позволяют определять как количество и основные характеристики судов, так и главные размерения и характеристики отдельных подсистем. При этом результаты, полученные при решении внешней задачи проектирования, входят в состав исходных данных при решении задачи внутреннего проектирования [3].

Для автоматизации вычислений все модели, составляющие основу методики, реализованы в виде программных модулей - файл-функций, с заданным количеством входных и выходных аргументов. Такой подход позволяет сделать модели универсальными и использовать их при решении оптимизационных задач, относящихся к разным уровням проектирования.

Состав основных вычислительных блоков моделей:

- Выбор типа (уровня) задачи проектирования.
- Ввод исходных данных.
- Определение водоизмещения.
- Определение главных размерений и характеристик подсистем судна.
- Определение внешних воздействий и оценка мореходных качеств.
- Определение эксплуатационно-экономических показателей.
- Оптимизация проектных решений.
- Визуализация и вывод результатов оптимизации.

При этом в качестве исходных данных выступают величины, позволяющие учитывать региональные географические и эксплуатационные особенности, а также специфику проектирования и постройки скоростных пассажирских катамаранов во Вьетнаме, что положительно сказывается на адекватности моделей и достоверности результатов.

Перечень оптимизируемых переменных и исходных данных, относящиеся к математическим моделям разных уровней приведен в табл. 1.

Приведем обобщенную форму записи оптимизационных моделей:

Целевая функция.

$$\text{Minimize } F(X, C),$$

$$x \in R^n$$

где X – вектор оптимизируемых переменных; C – вектор требований технического задания, содержащий исходные данные.

Ограничения.

$$\begin{aligned} G_j(X, C) &\leq 0, & j = 1, \dots, m_e; \\ G_j(X, C) &= 0, & j = m_e+1, \dots, m; \end{aligned} \quad (1)$$

Требования к переменным.

$$(X_i)_{\min} \leq X_i \leq (X_i)_{\max}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Для поиска оптимальных решений использован алгоритм последовательного квадратичного программирования или Sequential Quadratic Programming (SQP), учитывающий ограничения в виде линейных, нелинейных равенств и неравенств вида $c(x) < 0$, $seq(x) = 0$, $Ax < b$, $Aeq\ x = beq$ и последовательно решающий квадратичные программы путем минимизации функции Лагранжа с линейной аппроксимацией ограничений [11].

В табл. 1 показаны математические модели оптимизационных задач разных уровней.

Таблица 1

Модели оптимизации СПК

Название и составлявшие модели	Модель оптимизации характеристик	Модель оптимизации главных размеров	Модель оптимизации количества судов на линии	Модель оптимизации рабочей линии СПК
Целевая функция	$F(C, X) = Tok \rightarrow \min$	$F(C, X) = Tok \rightarrow \min$	$F(C, X) = Prof \rightarrow \max$	$F(C, X) = Tok \rightarrow \min$
Оптимизируемые переменные	$x_1 = n, x_2 = V_S$	$x_1 = L/B_1, x_2 = B_1/T, x_3 = C_b,$ $x_4 = s/L$	$x_1 = N_{ship}$	$x_1 = route$
Ограничения	$7,16 \cdot D^{0,1667} - V_S \leq 0$ $L/V_1^{1/3} - L/V_1^{1/3} \leq 0$ $L/V_1^{1/3} - L/V_1^{1/3} \leq 0$ $F_{nmin} - F_n \leq 0$ $F_n - F_{nmax} \leq 0$ и др.	$L/V_1^{1/3} - L/V_1^{1/3} \leq 0$ $L/V_1^{1/3} - L/V_1^{1/3} \leq 0$ $\alpha_{co} - 0,5 \leq 0$ $\sum g$ $S - S_{trp} \leq 0$ $n - M_n \leq 0$ и др.	$t_{work} - 10 \leq 0$	$t_{work} - 10 \leq 0$
Требования к переменным	$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$ $V_{S_{\min}} \leq V_S \leq V_{S_{\max}}$	$(L/B_1)_{\min} \leq L/B_1 \leq (L/B_1)_{\max}$ $(B_1/T)_{\min} \leq B_1/T \leq (B_1/T)_{\max}$ $(C_b)_{\min} \leq C_b \leq (C_b)_{\max}$ $(s/L)_{\min} \leq s/L \leq (s/L)_{\max}$	$(N_{ship})_{\min} \leq N_{ship} \leq (N_{ship})_{\max}$	$1 \leq route \leq 10$

Таким образом, при использовании методики оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов на каждом шаге (итерации) взаимодействуют соответствующая математическая модель проектирования и обозначенный алгоритм оптимизации. Направленный поиск оптимизируемых переменных, определяемых посредством соответствующих вычислительных блоков математической модели, в конечном счете приводит к оптимальному решению задачи проектирования судна.

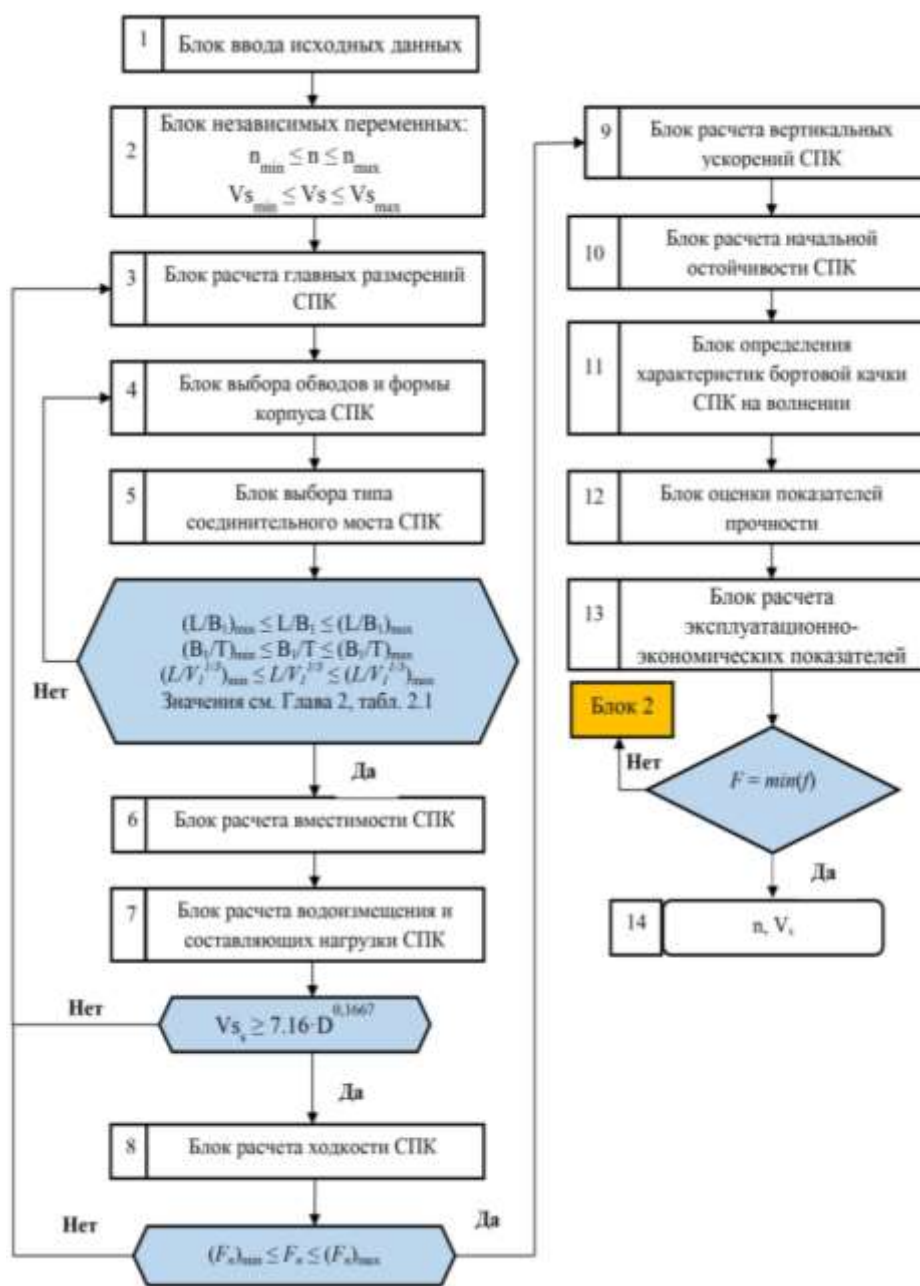


Рис. 2. Блок-схема математической модели оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов

В качестве примера на рис. 2 покажем блок-схему модели оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов. Из представленной блок-схемы видно, что модель состоит из отдельных вычислительных блоков, решающих определенные задачи теории корабля и проектирования судов и выполняющих проверку проектных и эксплуатационных ограничений [7, 14]. Так, в первом блоке вводятся исходные данные и требования технического задания. Во

втором - задаются независимые переменные и требования к ним (диапазоны изменения). В блоках 3 - 13, реализованы вычисления и алгоритмы, базирующиеся на основных положениях теории корабля и проектирования судов, которые подробно рассмотрены в работах [3, 9, 10, 12, 15]. Модель позволяет учитывать различные типы обводов корпуса и форм соединительных мостов СПК, для чего используются соответствующие расчетные методы [3 - 5].

Результаты оптимизации

В качестве примера для линии г. Ратьза – о. Фукуок в табл. 2 - 4 и на рис. 3 показаны результаты оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов.

В блоке ввода исходных данных задавались высота волны, скорость ветра, расстояние между портами, цена билета, ставка налога в СРВ и коэффициент загрузки катамарана пассажирами, а также учитывалось фактическое распределение пассажиропотока в течение года [13].

Таблица 2

Результаты оптимизации проектных характеристик СПК

Тип обводов	Результаты оптимизации по критерию срок окупаемости (F_1)		
	п, чел.	Vs, уз.	F, год
Плоскокилеватые	251	23.52	2.27
Круглоскулые	246	27.08	1.96
V-образные	252	25.83	2.47
	Результаты оптимизации по критерию прибыль (F_1)		
	п, чел.	Vs, уз.	Prof, м.\$
Плоскокилеватые	274	31.87	1.118
Круглоскулые	278	30.34	1.269
V-образные	275	31.37	1.089

Таблица 3

Результаты оптимизации главных размерений СПК

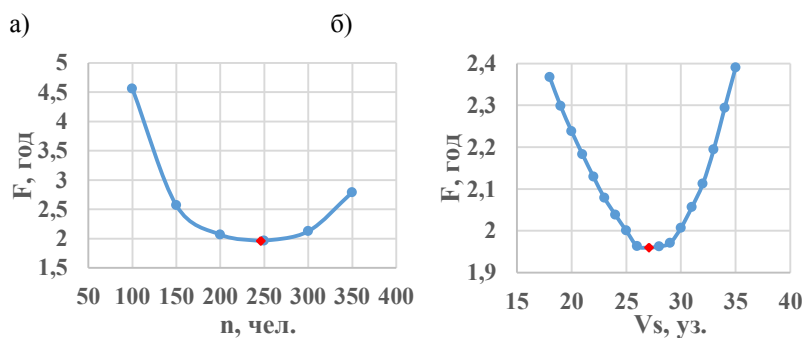
Тип обводов	Результаты оптимизации по критерию срок окупаемости (F_2)							
	п, чел.	Vs, уз.	L/B ₁	B ₁ /Г	C _b	s/L	Pr, м.\$	F, год
Плоскокилеватые	251	23.52	11.43	1.99	0.56	0.22	1.022	2.27
Круглоскулые	246	27.08	13.09	1.64	0.60	0.23	1.187	1.97
V-образные	252	25.83	12.15	1.64	0.49	0.23	1.055	2.25
	Результаты оптимизации по критерию прибыль (F_2)							
	п, чел.	Vs, уз.	L/B ₁	B ₁ /Г	C _b	s/L	Pr, м.\$	F, год
Плоскокилеватые	274	31.87	11.91	1.93	0.56	0.22	1.118	2.57
Круглоскулые	278	30.34	13.38	1.64	0.60	0.22	1.266	2.07
V-образные	275	31.37	12.07	1.66	0.48	0.22	1.103	2.58

Таблица 4

Результаты оптимизации главных размерений ПСК

Тип обводов	Результаты оптимизации по критерию срок окупаемости							
	Lo, м	L, м	Bo, м	B ₁ , м	H, м	T, м	D _w , т	D, т
Плоскокилеватые	30.43	28.66	8.75	2.51	2.88	1.25	33.37	102
Круглоскулые	30.24	28.49	8.73	2.18	3.05	1.32	33.05	101
V-образные	30.47	28.7	8.87	2.36	3.3	1.44	33.43	103
	Результаты оптимизации по критерию прибыль							
	Lo, м	L, м	Bo, м	B ₁ , м	H, м	T, м	D _w , т	D, т
Плоскокилеватые	31.29	29.45	8.87	2.47	2.96	1.28	34.84	107

Круглоскулые	31.44	29.59	8.89	2.21	3.1	1.35	35.1	108
V-образные	31.33	29.5	9	2.44	3.39	1.47	34.9	108



в)

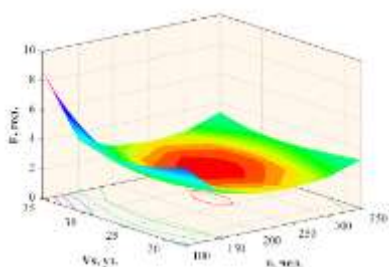


Рис.3. Результаты оптимизации проектных характеристик СПК для круглоскулых обводов: а. зависимость срока окупаемости от пассажировместимости; б. зависимость срока окупаемости от скорости; в) зависимость срока окупаемости от пассажировместимости и скорости

Вблизи острова Фукуок можно выделить около 10 направления пассажирских перевозок, основные из которых показаны в табл. 5. Пять из десяти маршрутов обслуживают местные судоходные компании, остальные можно рассматривать как потенциальные, которые будут развивать в ближайшем будущем. Стоимость пассажирского билета для разных линий определялась исходя из анализа текущей стоимости перевозок в районе острова Фукуок и протяженности рассматриваемой пассажирской линии.

Далее, приведем пример расчета по закреплению существующего судна за конкретной линией эксплуатации, т.к. определение оптимальных, с экономической точки зрения, маршрутов пассажирских перевозок является первоочередной задачей для частных транспортных компаний, осуществляющих морские перевозки. Это относится, в том числе, и к развитию новых направлений перевозок, на которых возможно использовать как вновь создаваемые, так и существующие суда-претенденты. В основе рассматриваемой модели лежит тот факт, что после постройки строительная стоимость, характеристики и элементы судна остаются неизменными, а линии эксплуатации судна могут меняться, что приводит к изменению эксплуатационных расходов.

Таблица 5

Пассажирские линии на о. Фукуок и близлежащие острова

№	Маршруты	График перевозок	Статус
1	Rach Gia – Phu Quoc	двусторонний	эксплуатируется
2	Rach Gia – Hon Son	двусторонний	планируется
3	Rach Gia – Nam Du	двусторонний	эксплуатируется
4	Rach Gia – Nam Du – Phu Quoc	двусторонний	эксплуатируется
5	Rach Gia – Phu Quoc – Nam Du	двусторонний	планируется
6	Ha Tien – Phu Quoc	двусторонний	эксплуатируется
7	Ha Tien – Phu Quoc – Rach Gia	двусторонний	эксплуатируется
8	Ha Tien – Phu Quoc – Nam Du	двусторонний	планируется
9	Ha Tien – Phu Quoc – Nam Du – Hon Son – Rach Gia	в одну сторону	планируется
10	Rach Gia – Phu Quoc – Nam Du – Rach Gia	в одну сторону	планируется

Результаты расчетов для разных форм обводов корпуса показаны в табл. 6. Жирным выделены оптимальные маршруты перевозок. Исходные данные по судам-претендентам, осуществляющим перевозки на рассматриваемых маршрутах приведены в табл. 3-5.

Таблица 6

Результаты определение маршруты эксплуатации по критерию срок окупаемости

Плоскокилеватые										
Маршруты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_4	2.72	5.36	3.25	2.21	4.04	1.62	3.17	1.75	2.89	2.44
Pro*	0.86	0.44	0.71	1.05	0.58	1.44	0.74	1.33	0.81	0.96
N_{trip}	2	2	3	2	1	5	1	2	1	1
Круглоскулые										
Маршруты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_4	1.55	5.26	3.18	2.19	4.01	1.63	1.23	1.77	2.89	2.42
Pro*	1.51	0.44	0.74	1.07	0.58	1.43	1.89	1.32	0.81	0.97
N_{trip}	3	2	3	2	1	5	2	2	1	1
V-образные										
Маршруты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_4	1.79	6.89	4.06	2.60	4.84	1.79	1.37	1.93	3.33	2.87
Pro*	1.33	0.35	0.59	0.92	0.49	1.33	1.74	1.23	0.71	0.83
N_{trip}	3	2	3	2	1	5	2	2	1	1

Принятые обозначения: Pro* - чистая прибыль в млн. долл.; N_{trip} – количество рейсов.

На рис. 4 показан пример интерфейса и вывода результатов в графическое окно программы, разработанной автором в среде Matlab GUI.

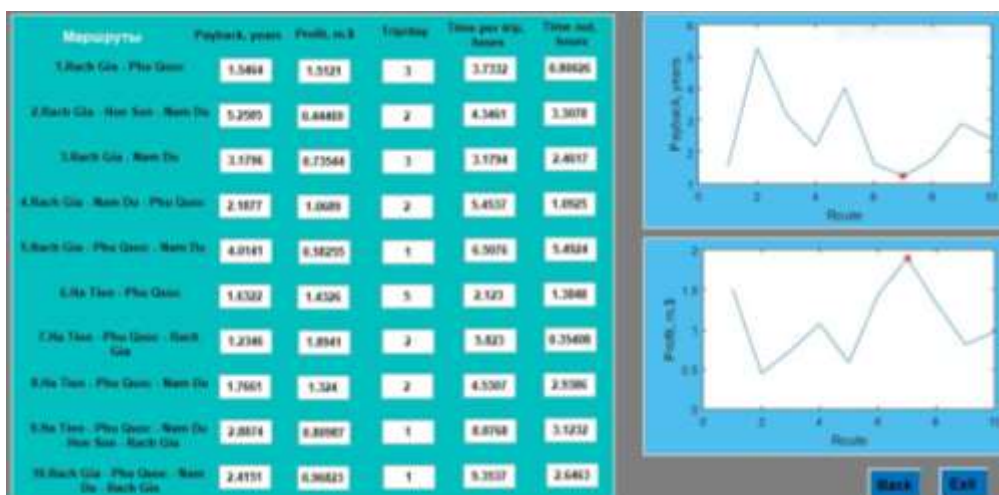
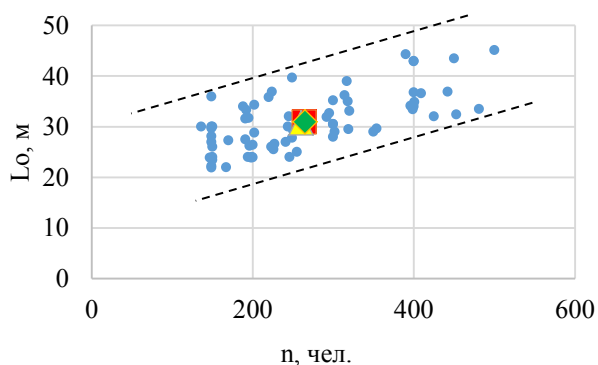


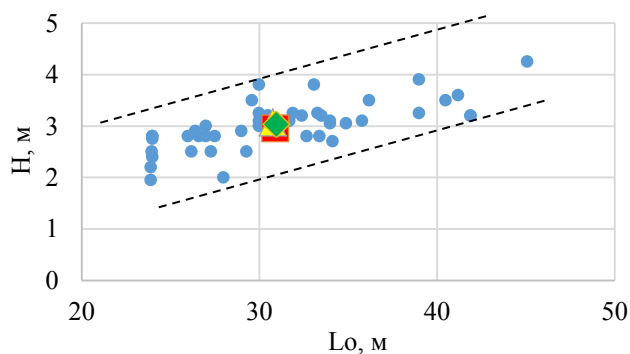
Рис. 4. Пример представления результатов

Результаты, получаемые при решении оптимизационных задач, имеют практическое значение только в том случае, если математические модели объектов проектирования являются адекватными, а результаты достоверными. Так, для оценки достоверности полученных результатов на рис. 5 показан пример сравнительной оценки расчетных данных с размерениями современных СПК.

а)



б)



в)

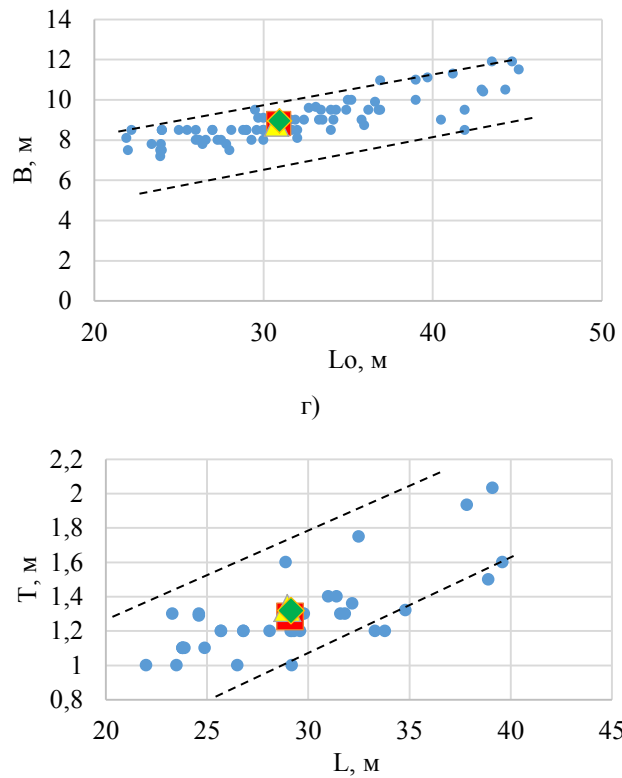


Рис. 5. Оценка достоверности результатов:
 а - зависимости наибольшей длины от пассажировместимости; б - зависимости наибольшей ширины от наибольшей длины; в - зависимость высоты борта от наибольшей длины; г - зависимость осадки от длины по ватерлинии

Полученные результаты могут быть использованы для создания 3D-моделей и дальнейшей отработки формы корпуса, решения вопросов гидро- и аэродинамики, общего расположения и внешней архитектуры. На рис. 6 показаны модели, построенные в Solid Works, размеры которых получены в результате оптимизации по критерию срока окупаемости.

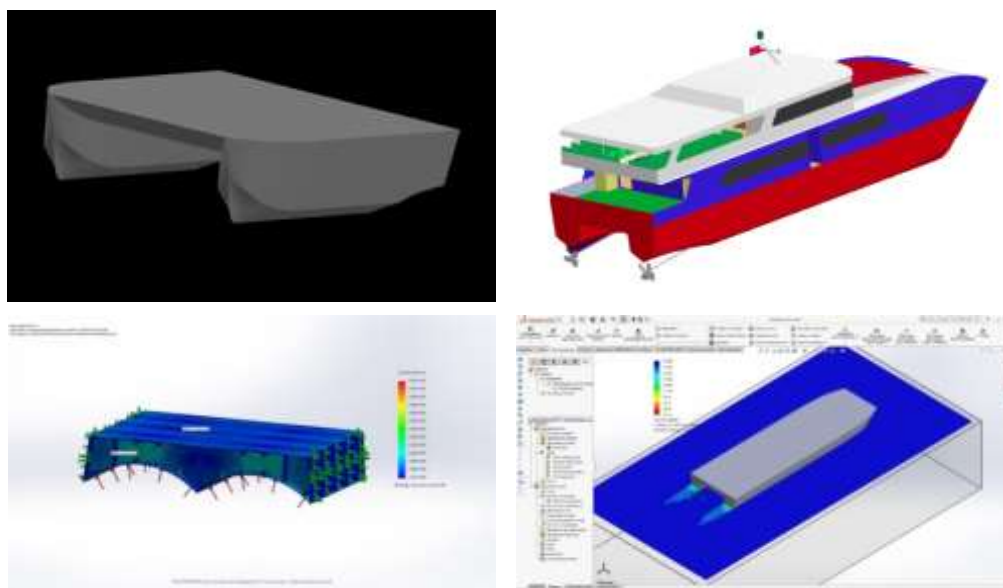


Рис. 6. Создание моделей для дальнейшего анализа средствами САПР

Заключение

В представленной работе рассмотрены основы методики оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов по экономическим критериям, обозначены ее роль и место в развитии морского и островного туризма в СРВ с учетом взаимодействия всех заинтересованных участников этого процесса. Рассмотрены математические модели:

- оптимизации проектных характеристик СПК;
- оптимизации элементов (главных размерений) СПК;
- оптимизации количества судов, работающих на заданной линии перевозок;
- определения оптимальной линии пассажирских перевозок с учетом перспективных направлений и развития морского туризма;
- оптимизации типа и характеристик судовых подсистем, в качестве которых рассматривались главный двигатель и редукторная установка.

Рассмотрен пример передачи результатов оптимизации в систему автоматизированного проектирования посредством таблицы параметров, что позволяет реализовать автоматизированный подход к проектированию СПК.

Литература

1. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов: в 2 т. Т.1. Описание системы «Корабль» / А.И. Гайкович // СПб.: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. 819 с.
2. Китаев М.В. Анализ морских пассажирских перевозок и типов судов в Социалистической Республике Вьетнам / М.В. Китаев, Ха Ван Зуи // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2018. № 3 (36). С. 65–75.
3. Китаев М.В. Математическая модель оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов / Ха Ван Зуи, М.В. Китаев // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета, 2020, №3(44), с. 46 – 59.

4. Ха Ван Зуи Анализ методов расчета сопротивления пассажирских катамаранов: Сравнение методов / М.В. Китаев, Ха Ван Зуи // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета, 2019, №4 (41), с. 64 – 73.
5. Armstrong N.A. On the Added Resistance of Catamarans in Waves / N.A. Armstrong, A. Schmieman // Presented at the 8th Intern. Conf. on Fast Sea Transportation, FAST-2005. St Petersburg, 2005. pp. 1-8.
6. Bui Van Minh. Vietnam maritime economy and measures for improving the enforcement and effectiveness of maritime administration / Van Minh Bui, Quoc Tien Le // Maritime Science and Technology Magazine. 2016(3); 46:122–127.
7. DNV GL. Rules for classification of high speed and light craft. January 2020.
8. Gee N. Future Design Trends in High Speed Vessels / N. Gee // High-speed vessels future development conference, Victoria, Canada, 27-28 May 1999, p. 31.
9. Molland A.F. Ship Resistance and Propulsion 2nd ed. /A.F. Molland, S.R. Turnock, D.A. Hudson // Cambridge Univ. Press, (2017), 626 p.
10. Moraes H.B. Multiple criteria optimization applied to high speed catamaran preliminary design / H.B. Moraes, J.M. Vasconcellos, P.M. Almeida // Ocean Engineering, 2007, no. 34, pp. 133 – 14.
11. Philip E.G. Sequential quadratic programming methods / E.G. Philip // UCSD Department of Mathematics Technical Report NA-10-03 August 2010.
12. Sahoo P.K. Practical evaluation of resistance of high-speed catamaran hull forms / P.K. Sahoo, V. Salas, A. Schwetz // Part 1. Ships and Offshore Structures. (2007); 2(4):307–324.
13. Sớ du lịch tỉnhkiêngiang. Kien Giang Department of Tourism. URL: <https://sdl.kien-giang.gov.vn/trang/TinTuc/tinchuyenmuc.aspx?chuyenmuc=116> – 11.02.2021.
14. Vietnam Register. National Technical Regulation Classification and Construction of High Speed Craft. Hanoi, 2020.
15. Yun L. High Speed Catamarans and Multihulls: Technology, Performance, and Applications / L. Yun, A. Bliault, H. Z. Rong // Springer 2019, p. 783.

References

1. Gajkovich A.I. Teoriya proektirovaniya vodoizmeshchayushchih korablej i sudov: v 2 t. T.1. Opisanie sistemy «Korabl'» / A.I. Gajkovich // SPb.: Izd-vo NIC MORINTEKH, 2014. 819 s.
2. Kitaev M.V. Analiz morskikh passazhirskih perevozok i tipov sudov v Socialisticheskoy Respublike V'etnam / M.V. Kitaev, Ha Van Duy // Vestnik Inzhenernoj shkoly DVFU. 2018. № 3 (36). S. 65–75.
3. Kitaev M.V. Matematicheskaya model' optimizacii proektnyh harakteristik skorostnykh passazhirskih katamaranov / Ha Van Duy, M.V. Kitaev // Vestnik Inzhenernoj shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta, 2020, №3(44), s. 46 – 59.
4. Ha Van Duy Analiz metodov rascheta soprotivleniya passazhirskih katamaranov: Sravnenie metodov / M.V. Kitaev, Ha Van Duy // Vestnik Inzhenernoj shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta, 2019, №4 (41), s. 64 – 73.
5. Armstrong N.A. On the Added Resistance of Catamarans in Waves / N.A. Armstrong, A. Schmieman // Presented at the 8th Intern. Conf. on Fast Sea Transportation, FAST-2005. St Petersburg, 2005. pp. 1-8.
6. Bui Van Minh. Vietnam maritime economy and measures for improving the enforcement and effectiveness of maritime administration / Van Minh Bui, Quoc Tien Le // Maritime Science and Technology Magazine. 2016(3); 46:122–127.
7. DNV GL. Rules for classification of high speed and light craft. January 2020.
8. Gee N. Future Design Trends in High Speed Vessels / N. Gee // High-speed vessels future development conference, Victoria, Canada, 27-28 May 1999, p. 31.
9. Molland A.F. Ship Resistance and Propulsion 2nd ed. /A.F. Molland, S.R. Turnock, D.A. Hudson // Cambridge Univ. Press, (2017), 626 p.
10. Moraes H.B. Multiple criteria optimization applied to high speed catamaran preliminary design / H.B. Moraes, J.M. Vasconcellos, P.M. Almeida // Ocean Engineering, 2007, no. 34, pp. 133 – 14.
11. Philip E.G. Sequential quadratic programming methods / E.G. Philip // UCSD Department of Mathematics Technical Report NA-10-03 August 2010.
12. Sahoo P.K. Practical evaluation of resistance of high-speed catamaran hull forms / P.K. Sahoo, V. Salas, A. Schwetz // Part 1. Ships and Offshore Structures. (2007); 2(4):307–324.

13. Sớ du lịch tỉnhkiêngiang. Kien Giang Department of Tourism. URL: <https://sdl.kien-giang.gov.vn/trang/TinTuc/tinchuyenmuc.aspx?chuyenmuc=116> – 11.02.2021.
14. Vietnam Register. National Technical Regulation Classification and Construction of High Speed Craft. Hanoi, 2020.
15. Yun L. High Speed Catamarans and Multihulls: Technology, Performance, and Applications / L. Yun, A. Bliault, H. Z. Rong // Springer 2019, p. 783.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ха Ван Зуи, аспирант, департамента Морской техники и транспорта, Политехнический институт (Школа), Дальневосточный федеральный университет (ФГАОУ ВО «ДВФУ»), 690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс-10, e-mail: vnmured4289@gmail.com

Ha Van Duy, postgraduate student of the department of Marine Engineering and Transport, Polytechnic Institute (School), Far Eastern Federal University, 10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922

Максим Владимирович Китаев, к.т.н., доцент, департамента Морской техники и транспорта, Политехнический институт (Школа), Дальневосточный федеральный университет (ФГАОУ ВО «ДВФУ»), 690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс-10, e-mail: kitaev.mv@dvfu.ru

Maksim V. Kitaev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, department of Marine Engineering and Transport, Polytechnic Institute (School), Far Eastern Federal University, 10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922

Статья поступила в редакцию 10.02.2021; опубликована онлайн 23.03.2021.
Received 10.02.2021; published online 23.03.2021.