Проектирование и конструкции судов

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-4-3>
УДК 629.12

Ха Ван Зуи, М.В. Китаев

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

Математическая модель оптимизации количества пассажирских катамаранов для заданной линии перевозок

Аннотация: Представлены результаты исследования потенциально эффективных маршрутов скоростных пассажирских катамаранов в Социалистической Республике Вьетнам. Разработана математическая модель определения количества катамаранов и оценки целесообразности их закрепления за конкретной линией перевозок. Проанализированы оптимальные варианты расстановки судов по выбранным маршрутам с учетом сезонности и региональных особенностей перевозок, рассмотрена возможность развития морских перевозок за счет новых направлений, позволяющих повысить интенсивность и объемы туристических пассажиропотоков.

Усовершенствована методика оценки экономической эффективности скоростных пассажирских катамаранов в части учета динамики распределения пассажиропотока в течение года, определения коэффициентов загрузки судов пассажирами в зависимости от количества посадочных мест и судов на линии, актуализированы расчеты построчной стоимости катамарана и эксплуатационных расходов. Установлено, что в зависимости от выбора экономических критериев результаты оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов отличаются.

Ключевые слова: Социалистическая Республика Вьетнам, скоростные пассажирские катамараны, оптимизация проектных характеристик, количество судов, перспективные маршруты

Введение

Следствие неразрывной связи развития морской транспортной инфраструктуры Социалистической Республики Вьетнам и прибрежного, островного туризма – значительный рост объемов морских пассажирских перевозок. Тем не менее лишь в последние годы вопросы развития морского пассажирского транспорта стали рассматривать на государственном уровне не только с позиций развития туристической индустрии, но и как альтернатива решения проблемы разгрузки дорог в прибрежных районах.

Используемые в настоящее время суда не соответствуют современным требованиям к комфорту, безопасности, экономической и функциональной эффективности, т.е. не позволяют в полной мере реализовать имеющийся потенциал. Актуальность проблемы обновления пассажирского флота подчеркивает тот факт, что судоходные компании, осуществляющие морские пассажирские перевозки в СРВ, ежегодно заказывают, строят и приобретают новые суда, в том числе катамаранного типа, и, заменяя ими однокорпусные и традиционные деревянные суда, закрепляют их за существующими линиями перевозок [7, 8].

Ввиду транспортной доступности наиболее популярными у туристов являются прибрежные пляжи и курорты. Анализ динамики островных пассажиропотоков за последние несколько лет показывает их устойчивый рост и развитие [3, 4, 6, 8], что требует комплексного подхода к формированию портфеля заказов на проектирование и постройку новых судов.

Рассмотренные в предыдущих работах математические модели позволяют определять оптимальные значения характеристик и главных размерений скоростных пассажирских катамаранов с детальным обоснованием проектных решений по отдельным подсистемам рассматриваемого типа судов [1]. В то же время задачи, связанные с определением потенциально эффективных маршрутов для пассажирских катамаранов и составлением оптимальных планов их расстановки по выбранным линиям с учетом развития туристических пассажиропотоков, влияют на экономическую эффективность морских перевозок и потому актуальны.

В связи с этим разработка математических моделей оценки экономической эффективности скоростных пассажирских катамаранов, работающих на островных линиях СРВ и учитывающих особенности условий эксплуатации, представляется своевременной, целесообразной и, по нашему мнению, имеет практическую значимость. В статье представлена авторская математическая модель оптимизации количества пассажирских катамаранов для заданной линии с учетом региональных особенностей морских пассажирских перевозок в регионе. Рассматриваются суда катамаранного типа с традиционными водоизмещающими круглоскулыми и плоскокилеватыми, а также V-образными обводами формы корпуса.

Особенности и характеристики морских пассажирских перевозок

Оценка эффективности и целесообразности развития существующих и освоения новых направлений морских пассажирских перевозок в СРВ невозможна без использования математического моделирования и оценки их экономической эффективности. В этой связи сбор и анализ исходной информации – один из важных подготовительных этапов, позволяющий определить основные особенности и характеристики морских пассажиропотоков на рассматриваемых перспективных направлениях, а именно:

- районы, в которых существует спрос на морские пассажирские перевозки и их особенности;
- экономический, промышленный и туристический потенциалы развития этих районов;
- реальные или потенциальные пассажиропотоки и их динамика;
- степень удовлетворенности пассажиров используемыми для перевозки транспортными средствами;
- количество, тип и год постройки судов, осуществляющих пассажирские перевозки;
- альтернативные виды транспорта;
- наличие компаний-конкурентов, их роль и способность удовлетворить потребность рынка морских пассажирских перевозок в данном регионе;
- гидрометеорологические и другие региональные особенности, оказывающие влияние на перевозки.

Так, во Вьетнаме выделяют три основных туристических района:

- северный – Халонг, Дошон, Трако, Монгкай, Катба и др.;
- центральный – Дананг, Нячанг, Муйне, Хойан и др.;
- южный – Фукуок, Кондао, Хатьен, Вунгтау и др.

Ввиду географических особенностей наблюдаются существенные различия природно-климатических условий в указанных районах, что выражается в средних температурах воды и воздуха, количестве осадков, дождливых и солнечных дней, влажности и других показателях. Несмотря на изменения погоды, поток туристов не прекращается практически круглый год. Южный район имеет более стабильные климатические условия и кроме побережья включает несколько островов, пользующихся популярностью у туристов, самый большой из которых о. Фукуок, где сезон дождей длится около месяца, а все остальное время сухой сезон. Температура в течение года не опускается ниже +26 °С. Преимущество о. Фукуок: при посещении

острова с туристическими целями и сроком до 30 дней для граждан любых стран виза не требуется.

Указанные факторы положительно повлияли на популярность и развитие данного направления. На рис. 1 показана динамика изменения пассажиропотока на о. Фукуок.

Рис. 1. Динамика пассажиропотока на о. Фукуок (2017–2019 гг.) [4].
Иллюстрации (кроме рис. 2) выполнены авторами статьи.

В отличие от курортов, расположенных на побережье Вьетнама, посетить острова можно, воспользовавшись воздушным или морским транспортом, других альтернатив пока не предусмотрено. Добраться на о. Фукуок можно либо по воздуху из аэропорта г. Хошимин, либо морем из городов Ратъя или Хатъен (рис. 2). Более две трети туристов предпочитают добираться морем ввиду меньшей стоимости билета (табл. 1) и возможности полюбоваться местными видами. Именно поэтому к перспективным направлениям можно отнести поездки на близлежащие острова – Хонтре, Хонсон и Намзу.

Рис. 2. Схема пассажирских перевозок на о. Фукуок: воздушным (а) и морским (б) транспортом.

Суда типа Phà Thanh Thới представляют собой грузопассажирские паромы катамаранного типа и в отличие от серии катамаранов Phu Quoc Express 5–8 могут перевозить как пассажиров, так и автомобили и другую колесную технику, однако уступают последним в комфорте и ходовых качествах.

Таблица 1

Сравнение альтернативных видов транспорта и стоимости рейсов на о. Фукуок [2, 3, 6]

Название	Тип судна	Год постройки	Цена билета, тыс. VND	Цена билета, долл. США	Время рейса, ч
Маршрут: г. Ратъя – о. Фукуок (120 км)					
Thanh Tu	Однокорпусное	2005	250	12	3:15
Super dong	Однокорпусное	2010	330	14.22	2:45
Hòa Bình Ship	Однокорпусное	2018	330	14.22	2:15
Phà Thanh Thới	Катамаран	2018	270	11.64	3:00
Phu Quoc Express 5, 6, 8	Катамаран	2017–2019	340	14.65	2:10
Маршрут: г. Хатьен – о. Фукуок (45 км)					
KG09929	Однокорпусное	2010	180	7.5	2:30
Superdong	Однокорпусное	2011	230	9.91	1:20
Superdong	Однокорпусное	2011	185	7.97	2:00
Phà Thanh Thới	Катамаран	2018	185	7.97	2:00
Phu Quoc Express 7	Катамаран	2019	250	10.8	1:10
Воздушный транспорт маршрут: г. Хошимин – о. Фукуок (310 км)					
Jetstar			800–1700	34.5–73.3	1:00
Viet Jet Air			450–1500	19.5–65	1:00
Vietnam Airline			1000–3000	43–129	1:00
Bamboo Airways			600–1500	26–65	1:00

Основные элементы рейса морских пассажирских судов, работающих в СРВ на линиях г. Ратъя – о. Фукуок и г. Хатьен – о. Фукуок, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики элементов рейса пассажирских судов [4, 8]

Название	Тип судна	Скорость, уз.	Время работы, часов в день	Время рейса, ч	Время ожидания, ч
Маршрут: г. Ратъя – о. Фукуок (65 миль)					
Superdong	Однокорпусное	30	11	2:45	0:40–0:60
Hòa Bình Ship	Однокорпусное	27	9	2:15	2:40
Phà Thanh Thới	Катамаран	24	9	3:00	2:00
Phu Quoc Express 5, 6, 8	Катамаран	30	12	2:10	0:45–0:60
Маршрут: г. Хатьен – о. Фукуок (25 миль)					
Superdong	Однокорпусное	30	11	1:20	0:40–0:60
Superdong	Однокорпусное	26	9	2:00	2:40
Phà Thanh Thới	Катамаран	24	9	2:00	2:00
Phu Quoc Express 7	Катамаран	30	12	1:10	0:45–0:60

Данные, приведенные в таблицах 1 и 2, использовались в модели оценки экономической эффективности рассматриваемых линий и выбора характеристик, главных размерений и количества судов катамаранного типа.

Модель оптимизации количества пассажирских катамаранов

Для определения количества пассажирских скоростных катамаранов (ПСК), осуществляющих доставку пассажиров на о. Фукуок, разработана математическая модель, учитывающая особенности эксплуатации судов на рассматриваемой линии перевозок. В общем виде блок-схема модели представлена на рис. 3.

Рис. 3. Блок-схема модели определения количества пассажирских катамаранов для заданной линии эксплуатации.

В качестве судов-претендентов рассматриваются только новые суда, значения скорости и пассажироместности которых предварительно рассчитываются в модели оптимизации проектных характеристик ПСК для заданной линии перевозок.

Количество судов-претендентов определяется с учетом неравномерности распределения пассажиропотока по месяцам в течение года, как показано на рис. 1.

Коэффициент загрузки пассажирских судов, работающих на рассматриваемой линии, может варьироваться от 50 до 100% в зависимости от сезона и пассажироместности судна и времени года. Практика эксплуатации пассажирских судов в СРВ выявила тот факт, что с увеличением количества посадочных мест на судне коэффициент загрузки уменьшается (рис. 4). На рассматриваемой линии наибольшие значения коэффициента загрузки наблюдаются с января по март и с июля по октябрь [3, 6].

Рис. 4. Зависимость коэффициента загрузки от количества мест на судне [8].

В случае, когда на линии работает один катамаран, коэффициент загрузки будет наибольшим, но с увеличением количества судов он уменьшается (табл. 3). Следовательно, в рассматриваемой модели необходимо учитывать влияние количества пассажирских катамаранов и их размеров (количество посадочных мест) на значение коэффициента загрузки.

Таким образом, количество судов, пассажиров и рейсов, совершаемых судном в течение года, напрямую влияют на доход судоходной компании.

Таблица 3

Коэффициент загрузки пассажирских катамаранов [8]

Количество ПСК	Коэффициент загрузки
1	$k_n = 1$
2	$k_n = -0.0000004 \cdot n^2 - 0.002 \cdot n + 1.0251$
3	$k_n = -0.002 \cdot n + 1.1$
4	$k_n = -0.002 \cdot n + 1.0$
5	$k_n = -0.002 \cdot n + 0.9$

С учетом вышесказанного коэффициент загрузки пассажирского катамарана можно вычислить по формуле

$$k = k_p \cdot k_n, \quad (1)$$

где k_p – коэффициент, зависящий от пассажировместимости судна; k_n – коэффициент, зависящий от количества судов на линии.

Ходовое время судна за год определялось с учетом количества простоев, обусловленных плановыми ремонтными и восстановительными работами, связанными с ежегодным обслуживанием судна и природными факторами (ливни и тайфуны).

В качестве показателей функционирования судов рассматривались следующие величины: количество пассажиров, которых перевозят на рассматриваемом направлении в течение года, себестоимость перевозок и доход, количество рейсов и судов на линии и др.

Количество рейсов, совершаемых судном, определяется по формуле

$$n_{trip} = \frac{t_w}{t_m}, \quad (2)$$

где t_w – годовой фонд рабочего времени, ч; t_m – время рейса, ч.

Количество пассажиров, перевозимых судном:

$$Q_n = n_{trip} \cdot n \cdot k, \quad (3)$$

где n_{trip} – количество рейсов, совершаемых судном в течение года; n – количество посадочных мест; k – коэффициент загрузки судна.

Доход от эксплуатации катамарана рассчитывается по формуле

$$I_n = f_{tic} \cdot Q_n, \quad (4)$$

где f_{tic} – цена билета, долл.

Балансовая прибыль от эксплуатации пассажирского катамарана:

$$P_{ro} = I_n - C_{ecat},$$

где C_{ecat} – судовые эксплуатационные расходы. (5)

Суммарные эксплуатационные расходы определяются по формуле

$$C_{ecat} = f \cdot K_{cat} + C_{var} + C_{const}, \quad (6)$$

где f – коэффициент дополнительных затрат (0,05 ÷ 0,1); C_{var} – переменные расходы; C_{const} – постоянные расходы; K_{cat} – строительная стоимость катамарана [5].

Прибыль после уплаты налогов:

$$P_r = P_{ro} - t_{ax} \cdot P_{ro}, \quad (7)$$

где t_{ax} – ставка налоговых сборов.

В качестве интегральных экономических показателей рассматривались:

- срок окупаемости:

$$F_l = K_{cat} / P_r, \quad (8)$$

- рентабельность капиталовложений:

$$F_2 = P_r / K_{cat} \quad (9)$$

- валовый критерий:

$$F_3 = I_n / K_{cat} \quad (10)$$

Результаты оптимизации и оценки экономической эффективности

Оценка экономической эффективности скоростных пассажирских катамаранов, работающих на островных линиях, – неотъемлемая часть задач оптимизации проектных характеристик и расстановки судов по линиям. В качестве показателей, на основе анализа числовых значений которых принимается решение о закреплении катамаранов за рассматриваемой линией, в настоящем исследовании приняты: прибыль, получаемая судоходной компанией за год, и срок окупаемости капиталовложений.

В рассматриваемом примере диапазоны изменения оптимизируемых переменных приняты следующие: $n = 100 \div 350$ чел., $V_s = 18 \div 35$ уз., $1 \leq N_{ship} \leq 5$. Значения геометрических характеристик формы корпуса при решении задачи оптимизации проектных характеристик ПСК (L/B_1 , B_1/T , C_b , s/L) принимались в зависимости от выбранной формы обводов корпуса [1]. Расчеты выполнены для двух линий СРВ: г. Ратья – о. Фукуок и г. Хатъен – о. Фукуок. В качестве примера на рис. 5 показаны формы ввода исходных данных.

Рис. 5. Формы ввода исходных данных:
а – задание значений вектора x_0 и вида задачи; б – характеристики линии.

На рисунках 6, 7 в качестве примера приведены результаты расчетов, выполненных по вышеприведенным формулам и характеризующие зависимость изменения строительной стоимости ПСК и эксплуатационных расходов от скорости хода и пассажировместимости для двух видов обводов корпуса.

Рис. 6. Зависимость строительной стоимости ПСК от скорости хода и пассажировместимости для круглоскуловых (а) и плоскокилеватых(б) обводов.

Рис. 7. Зависимость эксплуатационных расходов ПСК от скорости хода и пассажировместимости для круглоскулых (а) и плоскокилеватых (б) обводов.

Результаты расчетов показывают, что с увеличением проектной скорости хода и пассажировместимости судна строительная стоимость и эксплуатационные расходы увеличиваются. Это связано с увеличением линейных размеров, мощности энергетической установки и, как следствие, – с увеличением запасов топлива и ростом водоизмещения. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об адекватности разработанных математических моделей, программных модулей и возможности их дальнейшего использования в настоящем исследовании.

На рисунках 8 и 9 показаны примеры представления результатов, а именно зависимости дохода от эксплуатации ПСК и срока окупаемости капиталовложений от проектных значений скорости хода и пассажировместимости. Результаты показаны для двух типов обводов. Всего при моделировании рассматривались три типа обводов ПСК: плоскокилеватые, круглоскулые и V-образные.

Обобщенные результаты расчетов для трех типов обводов и двух экономических критериев (прибыль и срок окупаемости) приведены в табл. 4.

Рис. 8. Зависимость дохода ПСК от скорости хода и пассажировместимости для круглоскулых (а) и плоскокилеватых (б) обводов.

Рис. 9. Зависимость срока окупаемости ПСК от скорости хода и пассажировместимости для круглоскулых (а) и плоскокилеватых (б) обводов.

Таблица 4

Результаты оптимизации количества скоростных пассажирских катамаранов

Тип обводов	Кол-во судов	P_r , млн долл.	K_{cat} , млн долл.	C_{ecat} , млн долл.	I_n , млн долл.	F_1 , лет
Оптимизация по критерию срок окупаемости						
Плоскокилеватые	2	1.866	4.654	1.848	4.182	2.49
Круглоскулые	2	2.186	4.676	1.869	4.602	2.13
V-образные	2	1.917	4.756	1.868	4.480	2.48
Оптимизация по критерию прибыли						
Плоскокилеватые	2	1.968	5.7642	2.7919	5.2531	2.92
Круглоскулые	2	2.266	5.243	2.250	5.083	2.31
V-образные	2	1.939	5.692	2.774	5.199	2.93

На рисунках 10 и 11 показаны формы представления результатов оптимизации количества ПСК на рассматриваемых морских пассажирских линиях: г. Ратья – о. Фукуок и г. Хатъен – о. Фукуок.

Рис. 10. Форма вывода результатов оптимизации количества пассажирских катамаранов по критерию прибыль для плоскокилеватых обводов.

Рис. 11. Форма вывода результатов оптимизации количества пассажирских катамаранов по критерию прибыль для круглоскулых обводов.

С точки зрения развития данного направления отметим, что вблизи острова Фукуок расположено множество небольших островов, потенциально привлекательных для туристов. Наиболее перспективными будут порядка 10 маршрутов, за которыми целесообразно закрепить небольшие скоростные пассажирские катамараны. В качестве примера на рис. 12 показана форма ввода исходных данных для определения количества и характеристик скоростных пассажирских катамаранов для развития таких маршрутов. При решении данной задачи рассматривались варианты движения судов на о. Фукуок с посещением более мелких островов.

Примеры форм вывода результатов решения задачи оптимизации основных проектных характеристик и количества судов, работающих на рассматриваемых линиях, показаны на рисунках 13 и 14.

The route to Phu Quoc

Statistics of passenger traffic on the route operating around Phu Quoc Island

Rach Gia - Phu Quoc

RI 65 tic, \$ 15 load, % 80

Rach Gia - Hon Son - Nam Du

RI 50 tic1, \$ 7.4 load1, % 75
tic2, \$ 3.9 load2, % 70

Rach Gia - Nam Du

RI 50 tic, \$ 10.8 load, % 70

Rach Gia - Nam Du - Phu Quoc

RI 80 tic1, \$ 10.8 load1, % 65
tic2, \$ 10.8 load2, % 65

Rach Gia - Phu Quoc - Nam Du

RI 95 tic1, \$ 15 load1, % 80
tic2, \$ 10.8 load2, % 60

Ha Tien - Phu Quoc

RI 25 tic, \$ 10.8 load, % 60

Ha Tien - Phu Quoc - Rach Gia

RI 90 tic1, \$ 10.8 load1, % 80
tic2, \$ 15 load2, % 80

Ha Tien - Phu Quoc - Nam Du

RI 55 tic1, \$ 10.8 load1, % 80
tic2, \$ 10.8 load2, % 60

Day of operating 335 Cbcat, m.\$ 2.6219

twork, hours 11 Nen, kW 1103

tbreak, hours 1 ncrew, person 7

Ha Tien - Phu Quoc - Nam Du - Hon Son - Rach Gia

RI 105 tic1, \$ 10.8 tic3, \$ 3.9 load1, % 80 load3, % 60
tic2, \$ 10.8 tic4, \$ 7.4 load2, % 60 load4, % 65

Rach Gia - Phu Quoc - Nam Du - Rach Gia

RI 145 tic1, \$ 15 tic3, \$ 10.8 load1, % 80 load3, % 70
tic2, \$ 10.8 load2, % 60

Back Next

Рис. 12. Форма ввода исходных данных.

Рис. 13. Форма вывода результатов оптимизации количества судов по прибыли для плоскокилеватых обводов.

Рис. 14. Форма вывода результатов оптимизации количества судов по прибыли для круглоскульных обводов.

В результате решения задач оптимизации основных проектных характеристик и определения количества судов, обеспечивающих перевозку пассажиров на линиях г. Ратъя – о. Фукуок и г. Хатьен – о. Фукуок с наибольшей эффективностью, получены следующие результаты.

По критерию *срок окупаемости*:

$n = 251$ чел., $V_s = 23,51$ уз., тип обводов – круглоскульные;

$n = 246$ чел., $V_s = 27,08$ уз., тип обводов – плоскокилевые.

По критерию *прибыли*:

$n = 274$ чел., $V_s = 31,87$ уз., тип обводов – круглоскульные;

$n = 278$ чел., $V_s = 30,34$ уз., тип обводов – плоскокилевые.

В обоих случаях для осуществления перевозок на рассматриваемых линиях целесообразно использовать два скоростных пассажирских катамарана.

Количество судов, осуществляющих перевозки на острова, расположенные вблизи о. Фукуок, варьируется от 1 до 5 в зависимости от их размеров, удаленности и потока туристов.

С точки зрения получения максимальной прибыли судоходной компанией целесообразно рассмотреть осуществление перевозок по более сложным маршрутам, например г. Хатьен – о. Фукуок – г. Ратъя, г. Хатьен – о. Фукуок – о. Намзу.

Заключение

В результате проведенных исследований были определены потенциально эффективные маршруты для эксплуатации скоростных пассажирских катамаранов в СРВ, проанализированы оптимальные варианты расстановки судов по выбранным маршрутам с учетом сезонности и региональных особенностей перевозок, рассмотрена возможность развития морских перевозок за счет новых направлений, позволяющих повысить динамику туристических пассажиропотоков.

Разработана модель определения количества скоростных пассажирских катамаранов и оценки целесообразности их закрепления за конкретной линией перевозок.

Усовершенствована методика оценки экономической эффективности скоростных пассажирских катамаранов в части учета динамики распределения пассажиропотока в течение года, определения коэффициентов загрузки судов пассажирами в зависимости от количества посадочных мест и судов на линии, актуализированы расчеты постройочной стоимости катамарана и эксплуатационных расходов.

Установлено, что в зависимости от выбора критерия результаты оптимизации проектных характеристик пассажирских скоростных катамаранов отличаются.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китаев М.В., Ха Ван Зуи. Математическая модель оптимизации проектных характеристик скоростных пассажирских катамаранов // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2020. № 3(44). С. 46–59. DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-5>
2. Flight schedules, price tickets. URL: <https://hatienphuquoc.com.vn/tau-cao-toc-phu-quoc-express-ha-tien-phu-quoc/> – 16.10.2020.
3. Ha Thi Thu Hang. Financial analysis report of Superdong Expressway JSC – Kien Giang./Report on SKG/ December 2017.
4. Kien Giang. Departament of tourism. URL: <https://sdl.kiengiang.gov.vn/trang/TinTuc/tinchuyen-muc.aspx?chuyenmuc=116> – 10.10.2020.
5. 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. DOI:10.1016/J.OCEANENG.2005.12.009
6. Van Duy Ngoc Tan. Analysis of financial statements of Superdong Expressway Joint Stock Company. Report analysis. January 4, 2019.
7. Cận cảnh tàu khách cao tốc Trung Trắc vừa mới hạ thủy. Vetaucondao. URL: <https://vetaucondao.vn/can-canhh-tau-khach-cao-toc-trung-trac-vua-moi-ha-thuy/> – 20.10.2020.
8. Mai Linh hạ thủy tàu cao tốc hai thân Mai Linh Express tại Hải Phòng. URL: <https://mailinh.vn/tin-tuc/mai-linh-ha-thuy-tau-cao-toc-hai-than-mai-linh-express-tai-hai-phong-650.html> – 20.10.2020.

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2020. N 4/45

Ship Design and Construction

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-4-3>

Ha Van Duy, Kitaev M.

HA VAN DUY, PhD Student, vnured4289@gmail.com

MAKSIM KITAEV, Candidate of Engineering Sciences, Associate professor (corresponding author),

ResearcherID: S-3554-2018, ORCID: 0000-0001-5345-6333, ScopusID:16024898400,

kitaev.mv@dvfu.ru

Politechnical Institute, *Far Eastern Federal University*

Vladivostok, Russia

Mathematical model of passenger catamarans optimization for a given sea route

Abstract: The present paper shows the results of a study of potentially effective sea routes for operation of high-speed passenger catamarans in the Socialist Republic of Vietnam. A mathematical model has been developed for determination of the number of passenger catamarans and assessing the possibility of their navigation in these sea routes.

The optimal variants of ships arrangement to the sea routes were analyzed with taking into account the seasonality and regional specifics of transportation lines. The possibility of new sea routs developing with point of view the increasing the intensity and volumes of tourist passenger traffic is considered. At present math model the economic efficiency calculation of high-speed passenger catamarans has been improved in the terms of taking into account the dynamics of passenger traffic. The ship load coefficient now depends on the number of seats and ships operating on the sea route. The calculation method of construction and operating costs of

high-speed catamaran were improved. It was found that the choice of the economic criteria has influence on the results of optimization of design characteristics of high-speed passenger catamarans.

Keywords: Socialist Republic of Vietnam, high-speed passenger catamarans, optimization of design characteristics, number of ships, promising routes

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Article: received: 26.10.2020; reviewed: 09.11.2020; accepted: 12.11.2020; financing: Far Eastern Federal University.

REFERENCES

1. Kitaev M.V., Ha Van Duy. Mathematical model for optimization of design characteristics of high-speed passenger catamarans. FEFU: School of Engineering Bulletin. 2020(44):46–59. DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-5>
2. Flight schedules, price tickets. URL: <https://hatienphuquoc.com.vn/tau-cao-toc-phu-quoc-express-ha-tien-phu-quoc/> – 16.10.2020.
3. Ha Thi Thu Hang. Financial analysis report of Superdong Expressway JSC – Kien Giang. Report on SKG. December 2017.
4. Kien Giang. Departament of tourism. URL: <https://sdl.kiengiang.gov.vn/trang/TinTuc/tinchuyenmuc.aspx?chuyenmuc=116> – 10.10.2020.
5. Moraes H.B., Vasconcellos J.M., Almeida P.M. Multiple criteria optimization applied to high speed catamaran preliminary design. OceanEngineering. 2007;34(1):133–147. DOI: 10.1016/J.OCEANENG.2005.12.009
6. Van Duy Ngoc Tan. Analysis of financial statements of Superdong Expressway Joint Stock Company. Report analysis. January 4, 2019.
7. Cận cảnh tàu khách cao tốc Trung Trắc vừa mới hạ thủy. Vetaucondao. URL: <https://vetaucondao.vn/can-can-htau-khach-cao-toc-trung-trac-vua-moi-ha-thuy/> – 20.10.2020.
8. Mai Linh hạ thủy tàu cao tốc hai thân Mai Linh Express tại Hải Phòng. URL: <https://mailinh.vn/tin-tuc/mai-linh-ha-thuy-tau-cao-toc-hai-than-mai-linh-express-tai-hai-phong-650.html> – 20.10.2020.