

УДК 629.5.022.25

ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ И ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЕ-ПАССАЖИРСКИХ ПАРОМОВ С МАЛОЙ ПЛОЩАДЬЮ ВАТЕРЛИНИИ**Клинецов Андрей Алексеевич¹**, магистрант*e-mail:* anklin.nnov@yandex.ru**Кочнев Юрий Александрович¹**, доцент, кандидат технических наук*e-mail:* tmnnkoch@mail.ru¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы обоснования элементов и характеристик автомобиле-пассажирских паромов с малой площадью ватерлинии. Описывается методика их определения на начальных стадиях проектирования. Приводятся результаты полученные в процессе проектирования судов с различными исходными данными, а также некоторые зависимости, полученные в результате исследования полученных результатов.

Ключевые слова: судно с малой площадью ватерлинией, автомобиле-пассажирский паром.

SUBSTANTIATION OF ELEMENTS AND CHARACTERISTICS OF CAR-PASSENGER FERRIES WITH A SMALL WATERLINE AREA**Klintonov Andrey Alekseevich¹**, Master's Degree student*e-mail:* anklin.nnov@yandex.ru**Kochnev Yuriy Aleksandrovich¹**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences*e-mail:* tmnnkoch@mail.ru¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The paper discusses the issues of substantiating the adoption of certain elements and characteristics for car-passenger ferries with a small waterline area. The method of their determination at the initial stages of design is described. The results obtained in the process of designing ships with various initial data, as well as some dependencies obtained as a result of the study of the results obtained are presented.

Keywords: small waterplane area twin hull, car-passenger ferry.

Введение

Скоростные суда являются одними из наиболее востребованных типов судов для транспортировки пассажиров. Среди таких судов широко представлены различные их типы от скоростных катамаранов, например, проекты Соммерс и Котлин (рис. 1) и судов на подводных крыльях, например, Метеор 120Р (рис. 2) и Комета 120М (рис. 3) до их симбиоза

– катамаранов на подводных крыльях, например, проекты ГК SeaTech HSC150B (рис. 4) и HSC200 (рис. 5). Среди скоростных автомобиле-пассажирских паромов наиболее обширно представлены именно скоростные катамараны (рис. 6), построенные зарубежными представителями. Но наряду со всеми вышеперечисленными типами скоростных судов отдельно можно выделить суда с малой площадью ватерлинии (СМПВ) (рис. 7) – это суда с особенной формой корпуса, образованной надводным корпусом, включающим соединительный мост, как у катамаранов, и надстройку, который опирается на подводные торпедообразные корпуса-понтонны через стойки, количество которых варьируется в зависимости от типа СМПВ.



Рисунок 1 – Скоростные катамараны проектов Коммерс и Котлин [3]



Рисунок 2 – СПК Метеор 120Р [4]



Рисунок 3 – СПК Комета 120М [4]



Рисунок 4 – Пассажирский катамаран на подводных крыльях проекта HSC150B [5]



Рисунок 5 – Пассажирский катамаран на подводных крыльях проекта HSC200 [5]



Рисунок 6 – Скоростной автомобиле-пассажирский катамаран INCAT EXPRESS 3 [6]



Рисунок 7 – Судно с малой площадью ватерлинии [7]

Такие суда имеют ряд особенностей в сравнении с однокорпусными и другими многокорпусными судами. К ним можно отнести отличные мореходные качества, благодаря чему предотвращается морская болезнь у экипажа и пассажиров, снижению воздействию волнового сопротивления, из-за чего рабочие скорости таких судов начинаются от 25 узлов и выше, а также увеличенная удельная площадь палубы, для размещения на ней груза и пассажиров. Для удержания судна прямо и на ровном киле используются активные рули в качестве успокоителей качки.

Хотя и исследования таких судов началось еще в 60-х годах прошлого столетия, методик для проектирования СМПВ практически нет. Здесь, прежде всего, играет роль тот факт, что проектируемое судно зачастую не имеет близких прототипов, а значит традиционные методики проектирования здесь не подходят и оценка технико-эксплуатационных качеств обеспечивается заданием необходимых площадей палуб в качестве исходных требований на начальных стадиях проектирования.

Методика определения элементов и характеристик автомобиле-пассажирских паромов с малой площадью ватерлинии

Обоснование элементов и характеристик СМПВ выполнено с применением методики для ранних стадий проектирования, применительно к автомобиле-пассажирским паромам. Исходными данными при проектировании являются пассажироместимость, скорость и дальность плавания.

В качестве основных геометрических элементов и характеристик, которые будут определены в процессе проектирования, выбраны следующие: водоизмещение судна D , габаритные размеры надводного корпуса $L_{нк}$, $B_{нк}$, $H_{нк}$, размерения подводных корпусов-пontoнов L_k , B_1 , H_k , размеры стоек $L_{ст}$, $B_{ст}$, $h_{ст}$, коэффициенты полноты подводных корпусов-пontoнов α , β , δ , высота борта H , осадка T , расстояние между ДП подводных корпусов-пontoнов $2b$, вертикальный клиренс $h_{верт}$.

В расчётах принимаем, что габаритные размеры надводного корпуса зависят от условий размещения пассажиров и автотранспорта, то есть общей компоновки судна. Главные размерения подводных корпусов-пontoнов – от условий плавучести и ходкости, а размеры стоек – требованиями остойчивости, мореходности и прочности.

С архитектурно-конструктивной точки зрения принято, что судно разделено на 3 отдельные палубы: для размещения автотранспортных средств, размещения пассажиров и экипажа, а также для рулевой рубки, за которой, в случае необходимости, так же размещается пассажирский салон и каюты.

Определение габаритов надводного корпуса выполнено по модифицированному уравнению вместимости:

$$L_{нк}B_{нк} = s_{пас}n_{пас} + \frac{s_{эк}n_{эк}}{2} \quad (1)$$

где $s_{пас}$, м²/чел. – удельная площадь помещений для пассажирского блока, определяемая проектантом в зависимости от необходимого уровня комфортабельности судна (таблица 1);

$n_{пас}$, чел. – численность пассажиров;

$s_{эк}$, м²/чел. – удельная площадь помещений для блока экипажа, колеблющаяся в пределах от 13,8 до 14,2 м²/чел.;

$n_{эк}$, чел. – численность экипажа.

Таблица 1

Классификация уровня комфортабельности круизных судов в зависимости от удельной площади пассажирского блока

Удельная площадь пассажирского блока, м ² /чел.	Категория комфортабельности судна (условных звезд)
до 5	*
5-8	**
8-13	***
13-18	****
более 18	*****

В уравнение (1) не включена площадь под автотранспорт, количество которого определяется через удельные показатели пассажиров на один автомобиль.

Высота надводного корпуса $H_{нк}$ принята как совокупность высот функциональных палуб (высота палубы для автотранспортных средств – 4,6 м, палубы для пассажиров и рулевая рубка – 2,6 м).



Длина L_{HK} и ширина B_{HK} надводного корпуса судна определяется по требуемой площади с учетом соотношению L_{HK}/B_{HK} , учитывающим необходимость обеспечения поперечной устойчивости при минимальной площади ватерлинии стоек, которое составляет 1,4 – 2,0.

Окончательная высоты надводного корпуса H_{HK} включает высоту соединительного моста H_{CM} , входящего в состав надстройки (рисунок 8). С точки зрения конструкции он представляет собой объемное перекрытие, опертное на стойки. Оптимальным соотношением длины и высоты балки, работающей на изгиб и срез, колеблется в пределах 7 – 9, поэтому такими же пределами целесообразно ограничить соотношение высоты соединительного моста H_{CM} к его длине B_{CM} .

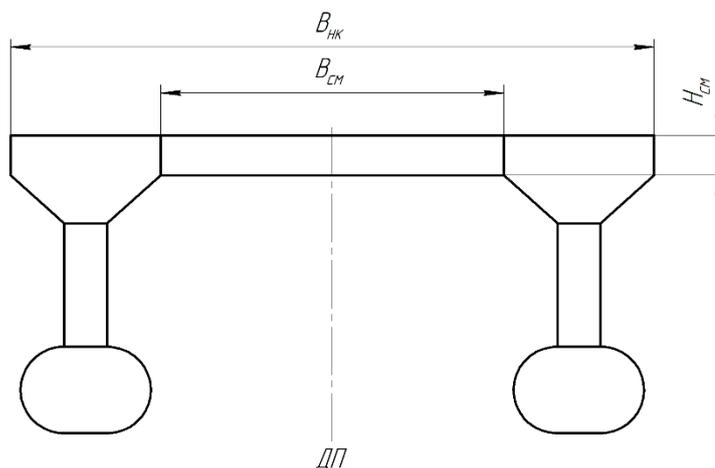


Рисунок 8 – Схема конструкции соединительного моста в сечении мидель-шпангоут

Взаимосвязь между главными проектными элементами и характеристиками СМПВ подробно рассмотрены в [1], а результаты её реализации при различной пассажироместимости приведены в таблице 2, зависимость водоизмещения от пассажироместимости на рисунке 9.

Таблица 2

Результаты проектирования

Пассажироместимость, чел.	Скорость, узлы	Дальность плав., м. миль	Водоизм. D, т	Габаритные размеры надв. корпуса, м			Размерения подв. корпусов, м		
				L_{HK}	B_{HK}	H_{HK}	L_K	B_1	H_K
100	30	520	1877,7	64,00	24,00	11,30	64,00	4,80	3,20
150	30	520	2652,7	92,80	24,00	11,30	92,80	4,75	3,15
200	30	520	3341,6	118,40	24,00	11,30	118,40	4,75	3,15
250	30	520	4030,4	144,00	24,00	11,30	144,00	4,75	3,15
300	30	520	4719,3	169,60	24,00	11,30	169,60	4,90	3,25
350	30	520	5494,3	198,40	24,00	11,30	198,40	5,05	3,35
400	30	520	5616,1	198,40	24,00	11,30	198,40	5,10	3,40
450	30	520	5724,8	198,40	24,00	11,30	198,40	5,15	3,45
500	30	520	5833,6	198,40	24,00	11,30	198,40	5,20	3,45

Коэфф. полноты подв. корпуса			Размеры стоек, м			Коэфф. полноты стойки, $\alpha_{ст}$	Высота борга Н, м	Осадка Т, м	Расст. между ДП подв. корп. 2б, м	Верг. клиренс $H_{верг}$, м
δ	φ	α	$L_{ст}$	$B_{ст}$	$h_{ст}$					
0,697	0,857	0,822	51,20	1,60	6,43	0,828	11,13	6,58	18,40	3,06
0,692	0,857	0,822	80,00	1,60	6,43	0,749	11,08	6,53	18,40	3,06
0,690	0,857	0,812	105,60	1,60	6,43	0,715	11,08	6,53	18,40	3,06
0,676	0,857	0,805	131,20	1,60	6,43	0,694	11,08	6,53	18,40	3,06
0,640	0,857	0,752	156,80	1,65	6,43	0,659	11,18	6,63	18,40	3,06
0,597	0,857	0,705	185,60	1,70	6,43	0,629	11,28	6,73	18,40	3,06
0,597	0,857	0,703	185,60	1,70	6,43	0,643	11,33	6,78	18,40	3,06
0,597	0,857	0,699	185,60	1,70	6,43	0,656	11,38	6,83	18,40	3,06
0,597	0,857	0,705	185,60	1,75	6,43	0,649	11,38	6,83	18,40	3,06

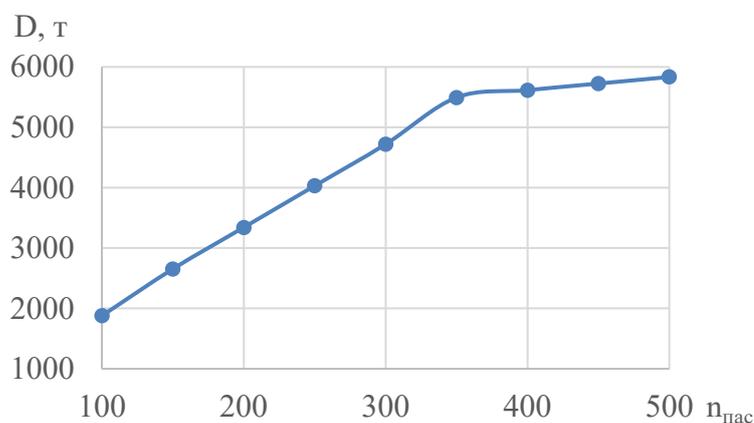


Рисунок 9 – Зависимость водоизмещения от числа пассажиров

Анализируя результаты моделирования, можно сделать вывод, что увеличение числа пассажиров от 350 до 500 не значительно сказывается на водоизмещении, и соответственно на стоимости судна.

Применение построенной модели позволяет так же изучить влияние скорости и дальности плавания на эффективность судна с малой площадью ватерлинии и выработать рекомендации по их применению на водных путях России.

Список литературы:

1. Многокорпусные суда / под ред. В. А. Дубровского. – Л.: Судостроение, 1978. – 304 с.
2. Повышение комфортабельности круизных судов, как фактор роста их конкурентоспособности / Беляев И. В., Семин А. А. // Транспортное дело России, № 2, 2009 – с. 28 – 31.
3. В ожидании катамаранов «Котлин» и «Соммерс» // Медиапалуба: интернет-портал. – URL: <https://paluba.media/news/48548?ysclid=lwgj28w0rv781505250> (дата обращения 17.05.2024)

4. Центральное конструкторское бюро по судам на подводных крыльях. – URL: <http://www.ckbspk.ru/?ysclid=lwgirjbo6g841433251> (дата обращения 17.05.2024)
5. Си Тех / Sea Tech – судостроительное проектно-конструкторское бюро. – URL: <http://www.seatech.ru/> (дата обращения 17.05.2024)
6. INCAT – Leading The World In The Transition To Zero Emission Ro-Pax Ferries. – URL: <https://incat.com.au/> (дата обращения 17.05.2024)
7. Патрульный катер типа «Skrunda», Латвия — Германия, 1999-2014 // Альтернативная история: интернет-портал. – URL: <https://alternathistory.ru/patruynyj-kater-tipa-skrunda-latviya-germaniya-1999-2014/?acpage=11> (дата обращения 17.05.2024)
8. Yun L., Bliault A. High Performance Marine Vessels / L. Yun, A. Bliault // Springer, 2012. – 384 p. (На английском языке)
9. Preliminary Design of a High-Speed SWATH Passenger/Car Ferry / A. Papaninikolaou, G. Zaraphonitis, M. Androulakakis // Marine Technology, Vol. 28, No. 3, May 1991 – pp. 129 – 141.

