

ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАРОМОВ ДЛЯ ЛИНИИ "ПОРТ КАВКАЗ – ПОРТ ВАРНА"

Развитие железнодорожных паромных переправ на Чёрном море началось в середине 20 века. Первая (между советскими портами Керчь и Кавказ) была построена в 1950 - 1954 годах, вступила в строй 29 января 1955 года. В 1958 г. в проливе Босфор была открыта вторая паромная переправа (между турецкими портами Сиркели и Хайдар). В 1978 г. начала работать третья переправа – между портом Ильичевск и болгарским портом Варна [1, 3, 4].

Соглашение о прямом транспортном сообщении между портами Кавказ и Варна было подписано в ходе официального визита президента России в Болгарию в январе 2008 г. и в течение года проект был успешно реализован. На первом этапе планировалось перевозить паромами до 150 тыс. т груза в год, в дальнейшем – 500 тыс. т в год, максимальные возможности переправы – около 2 млн. т. Основные грузы в направлении Болгарии – нефть и нефтепродукты, из Болгарии – продукты сельского хозяйства.

Целью статьи является определение главных характеристик и уточнение особенностей железнодорожных паромов для линии Кавказ – Варна, с учётом условий порта Кавказ (малые глубины и ограниченная акватория) и того факта, что судов такого назначения для порта Кавказ, обладающих достаточной мореходностью и прочностью, до 2004 г. вообще не было.

Железнодорожная переправа Керчь-Кавказ успешно эксплуатировалась до 1980-х годов с использованием гидротехнических сооружений, построенных еще при И.В. Сталине, когда ее объявили устаревшей и убыточной, а после развала СССР просто забыли. В начале 1990-х годов с целью предотвращения разграбления инфраструктуры переправы рельсы были демонтированы [6]. Даже без проведения глубоких экономических исследований было ясно, что регулярное грузовое сообщение на данном участке экономит значительное время и существенно снижает транспортные издержки, так как путь из Крыма на Кавказ по суше на 1200 км длиннее, чем через пролив.

До 2002 года рассматривались варианты строительства моста или тоннеля. Однако сложные гидрологические и геологические условия строительства, а также значительный объём капитальных затрат стали

непреодолимым препятствием на пути реализации таких проектов, даже несмотря на опыт 1944 года. Наиболее реальным и технически выполнимым в приемлемые сроки был определен вариант прямого железнодорожного сообщения с использованием паромной переправы. В ноябре 2004 г. по инициативе известного российского бизнесмена Александра Анненкова совместными усилиями ОАО "Российские железные дороги", "Укрзалізниці", компаний "Аншип" и "Техинвестсервис" переправа была восстановлена. С 2004 по 2010 г. судоходная компания "Аншип" на двух 25-ти вагонных парамах проекта 002CNF01 "Петровск" и "Анненков" перевезла на этой линии 7 млн. т грузов.

Постоянно возрастающий грузооборот потребовал увеличения пропускной способности переправы Крым-Кавказ, а также привел к необходимости расширения направлений работы из порта Кавказ на другие порты Чёрного моря [5]. К настоящему времени созданы линии Кавказ–Поти, Кавказ–Варна и Кавказ–Самсун [3].

Проектные требования к паромам, базирующимся на порт Кавказ, следующие.

1. Главные размерения парома ограничиваются глубиной и шириной фарватера, допускаемыми радиусами разворота. По условиям порта Кавказ основные габаритные ограничения для парома выглядят следующим образом: ширина не более 22 м; длина не более 150 ... 151 м; осадка (на разворотном круге) не более 4,9 м; осадка при грузовых операциях (у причала) не более 6,0 м; высота оголовки рельса парома от уровня воды не более 5,1 м.

2. При проектировании железнодорожного парома должны быть учтены особенности аппарелей, с которыми будет работать паром. Аппарель проекта АК01 порта Кавказ представляет собой трапециевидную в плане конструкцию со следующими размерами: длина – 40 м; ширина узкой части (у береговой опоры) – около 12 м; ширина широкой части – около 18 м.

Максимумы изменения положения аппарели составляют: для подъема – 1,6 м; для опускания – 1,69 м.

На стыке с причалом, в узкой части аппарели, на грузовой палубе аппарели, размещаются начала пяти железнодорожных путей, выходящих на широкую часть аппарели и выступающие за морскую оконечность аппарели на 100 мм. Тип железнодорожного рельса Р-50. Ширина колеи 1520 мм.

Подаются составы из вагонов по центральному пути или одновременно по двум симметричным путям.

3. Требуемая вместимость судна составляет не менее одного состава – 50 железнодорожных цистерн габарита 1-Т с расстоянием между

автосцепами 12020 мм. Кроме того, судно должно быть приспособлено для перевозки прочей колесной техники, включая трейлеры, а также длинномерных крупногабаритных грузов и контейнеров международного образца (TEU и FEU).

Грузовая палуба паромов должна быть рассчитана на перевозку железнодорожных вагонов массой до 97 т на всех колеях, на крайних колеях (1 и 5) возможна перевозка вагонов массой до 219 т (восьмиосные), допускаемая нагрузка колесной техники на ось – 12 т при четырёх колесах на оси и 10 тонн при двух колесах на оси.

4. Класс судна должен обеспечивать безопасную и рентабельную эксплуатацию в условиях Черного моря по заданным линиям (линии) Кавказ–Варна, а также Кавказ–Поти, Кавказ–Самсун, Кавказ–Крым.

5. Предполагается перевозка вагонов на открытой верхней палубе. Груз должен быть безопасно раскреплён при любых возможных условиях перехода, в том числе и при наличии ошибки прогноза. Рекомендуется установка "развитого" фальшборта.

6. Общая продольная прочность корпуса должна позволять производить грузовые операции вагонов двумя составами в один проход с минимальными затратами стояночного времени и с выполнением всех условий безопасной сцепки с береговой аппарелью порта Кавказ по углу слома рельсов, углу крена и максимальной и минимальной просадки кормы парома [2].

7. Местная прочность корпуса должна быть обеспечена за счёт набора (рамные балки, переборки, пиллерсы, фермы) при рациональных распределении и схеме передачи нагрузки от вагонов с минимизацией толщины настилов, а также с учётом контакта конструкций кормовой оконечности с береговой аппарелью [2].

Поскольку открытие паромной линии Кавказ–Варна предполагалось в весьма ограниченный сроки, Заказчиком была поставлена задача минимизировать затраты времени и финансовые расходы на строительство судов.

В связи с этим было принято решение применить для строительства паромов хорошо зарекомендовавшую себя для универсальных сухогрузных судов процедуру конверсии – строительство нового судна с использованием отдельных элементов ранее эксплуатировавшегося судна. Строительство судов с использованием элементов эксплуатировавшихся судов позволило сократить затраты на строительство паромов более, чем на 50 %, по сравнению со стоимостью абсолютно нового парома такого класса.

В качестве судов-доноров для линии Кавказ–Варна были выбраны финские накатные суда-автомобилевозы, которые позволяли создать суда с большей чем суда пр. 002CNF01 вагоновместимостью (до 45 -

50 вагонов) и при этом могли работать в стесненных и мелководных условиях акватории порта Кавказ.

Морским Инженерным Бюро были разработаны два варианта с различными объемами работ и с отличиями по вагоновместимости (рис. 1).

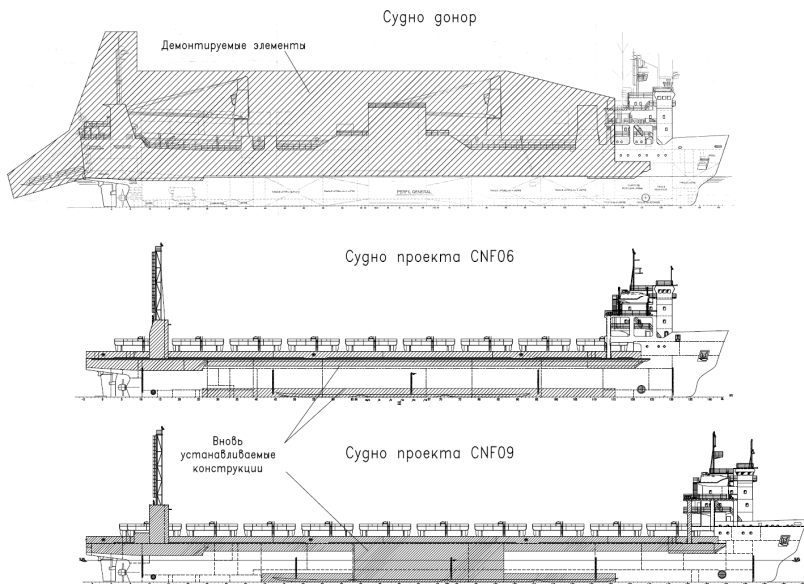


Рис. 1. Схемы конверсии судов проекта CNF06 и CNF09

Вариант 1 без изменения длины судна (реализован в проекте CNF06). Предусматривал демонтаж всех существующих конструкций и элементов на расстоянии от ОП 7,5 м и выше и устройство на высоте 8 м новой грузовой палубы с прокладкой пяти железнодорожных путей. Обеспечивая минимальный объем модернизации (по металлоемкости), вариант позволял разместить только 45 вагонов на палубе.

Вариант 2 с удлинением (реализован в проекте CNF09). Предусматривал помимо работ по варианту 1 вставку блока в цилиндрическую часть судна. Обеспечивал размещение 50 вагонов на палубе.

Сравнение характеристик паромов проектов CNF06 "Авангард" и CNF09 "Славянин" с судами проектов 002CNF01 типа "Петровск", CNF03 типа "Смат" и 10802Е типа "Махачкала" выполнено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение характеристик паромов

Показатель	CNF09	CNF06	CNF03	002CNF01	10802E
	2	3	4	5	6
Длина максимальная, м	150,20	133,67	150,32	110,50	154,50
Длина между перпендикулярами, м	139,94	123,58	140,31	105,20	147,00
Ширина габаритная, L, м	22,00	22,00	22,00	16,40	18,30
Ширина расчетная, B, м	21,00	21,00	21,00	16,00	17,50
Высота борта, H, м	8,00	8,00	7,15	6,25	13,35
L x B x H	150,20 x 22,00 x 8,00 = =26 435	133,67 x 22,00 x 8,00 = = 23 526	150,32 x 22,00 x 7,15 = =23 645	110,50 x 16,40 x 4,00 = = 7 249	147,00 x 18,30 x 13,35 = =35 913
Осадка по ЛПВЛ, м	4,50	4,80	3,80	3,20	4,50
Дедвейт (около), т	6258	5362	6500	2947	5518
Цистерн габарита Т-1 с длиной между автосцепами 12020 мм	50	45	50	25	(16+36)=52
Грузовые вагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 14730 мм (4-х осные), шт.	40	33	38	18	(12+26)=38
Пассажирские вагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 24540 мм (4-х осные), шт.	25	20	22	10	(0+20)=20

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Полувагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 13920 (4-х осные), шт.	45	39	40	20	(12+30)=42
Грузоподъемность (цистерны), т	4400	3960	4400	2125	4200
Протяженность рельсовых путей, м	631	559	611	355	718
Полезная площадь грузовой палубы, м ²	2410	2120	2350	1150	2740
Вместимость балластных танков, м ³	8462	4583	3269	3570	1771
Класс Регистра судоходства	КМ ★ Ice 2 R2 Ro-Ro ship	КМ ★ L1 R1 Ro-Ro ship	КМ ★ ЛУ1 П (накатное)	КМ ★ Л4 1 ПСП (накатное)	КМ ★ 1 А2 (накатное)
Мощность ГД, кВт	5500	2 x 2200	3 x 900	2 x 650	2 x 2000
Экипаж / мест, чел.	16 / 29	16 / 30	16 / 19	13 / 19	20 / 32
Скорость (около), узлы	12,0	12,0	10,0	10,0	13,8
Мощность носового ПУ, кВт	440	441	478	-	500
Мощность кормового ПУ, кВт	200	200	442	-	-

Анализ проработки технико-эксплуатационных характеристик вариантов показал, что, несмотря на большой объём модернизационных работ, вариант 2 (проект CNF09) обладает наилучшими показателями прироста как в абсолютных величинах, так и относительных на единицу затрат по модернизации по сравнению с судами проектов CNF06 и 002CNF01.

Проект CNF03 эквивалентен по вагоновместимости, дедвейту, длине рельсовых путей и полезной площади грузовой палубы к CNF09, но при этом суда типа "Смат" имеют меньший класс Регистра по району плавания, меньшую ледовую категорию и меньшую скорость (т.е. менее эффективны на такой относительно протяженной линии, как линия Кавказ–Варна).

Проект 10802E обладает близкой грузоподъемностью и большей протяженностью рельсовых путей, но имеет две палубы, что заметно замедляет время грузовых операций и значительно снижает номенклатуру перевозимых опасных грузов и, главное, не приспособлен к работе на черноморских аппаратах. Наконец, стоимость судов типа "Махачкала" практически в три раза выше судна типа "Славянин".

Корпуса однопалубных открытых паромов подвергаются весьма значительным нагрузкам на грузовую палубу и груз как со стороны моря, так и значительным усилиям при погрузке-выгрузке вагонов [2], что требует корректного моделирования ситуации и проверки прочности конструкций парома.

Корпус судна изготовлен из судостроительной стали с пределом текучести не менее 235 МПа. Палуба, второй борт и двойное дно в средней части выполнены по продольной системе набора. Наружный борт, носовая и кормовая оконечности – по поперечной системе набора. Двойное дно имеет высоту 2500 мм, ширина двойных бортов – 4500 мм. Поперечная шпация 800 мм по всей длине судна. Поперечная рамная шпация – 2400 мм. Расчётный срок эксплуатации проектов CNF06 и CNF09 – 15 лет.

Верхняя палуба формируется продольными балками катаного профиля, рамными бимсами сварного профиля, устанавливаемыми через 3 шпации. Установка продольного рамного набора выполняется с учётом расположения направляющих профилей (рельсов) на верхней палубе. В необходимых местах устанавливаются подкрепления под механизмы и оборудование. Двойное дно выполняется по продольной системе набора с установкой флоров через 3 шпации. По бортам судна в районе: транец – 25 шп., 145 – 160 шп., - установлены спонсоны. В диаметральной плоскости судна от второго дна до верхней палубы по всей длине грузового участка верхней палубы устанавливаются пиллерсы.

Рельсовый профиль высотой 50 мм и шириной 60 мм крепится к настилу верхней палубы при помощи подкладок. Подкладка КБ-50 приваривается непосредственно к настилу верхней палубы. Рельс крепится к подкладке при помощи клемм и зажимается болтами. В плоскости рельса установлены усиленные продольные балки из таврового профиля стенкой 300x10 мм и полкой 140x12 мм.

Допускаемая нагрузка на ось железнодорожных вагонов – 24,3 т.

Верхняя палуба рассчитана на перевозку железнодорожных цистерн и вагонов массой до 97 т. Допускаемая интенсивность распределенной нагрузки – 3,0 т/м². При перевозке автомобильной колесной техники допускаемая нагрузка на ось: 4 колеса на оси – 12 т; 2 колеса на оси – 10 т.

Были выполнены специальные расчёты прочности объёмной модели грузового отсека (рис. 2, 3), включавшего в себя перекрытия палубы, двойного дна и двойного борта, по программе "ИСПА" с использованием метода конечных элементов (КЭ). Особенностью конструкции судна является то, что в диаметральной плоскости установлены вертикальные стойки (пиллерсы). Пиллерсы соединяют перекрытие палубы и днища друг с другом, обеспечивая их совместную работу при восприятии местных нагрузок.

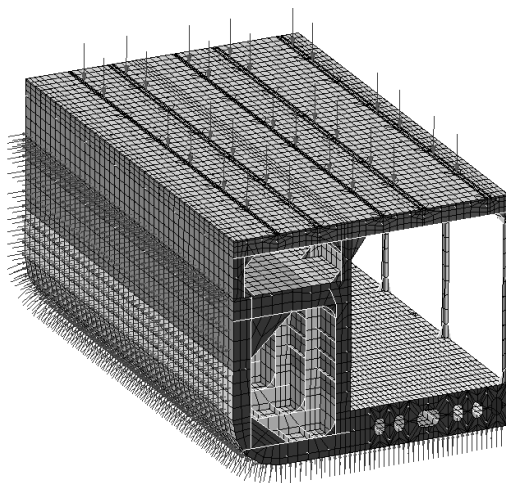


Рис. 2. Расчётная модель корпуса при схеме загрузки – на палубе сосредоточенные силы от колес вагонов, днище и борт загружены давлением со стороны моря

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПО Y (MM)
 min: -1.07E+000
 -1.07E+000
 1.46E+000
 3.99E+000
 6.52E+000
 9.04E+000
 1.16E+001
 max: 1.16E+001

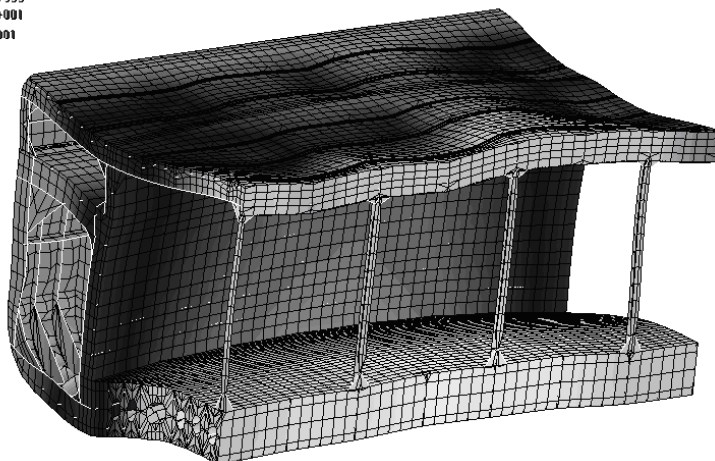


Рис. 3. Схема деформированного состояния (пример расчёта)

При этом плоские конструкции, стенки и пояски моделировались прямоугольными оболочечными КЭ с шестью степенями свободы в узле, а также четырехугольными и треугольными элементами произвольной формы. Бульбы рёбер жесткости задавались в виде стержневых КЭ, работающих на растяжение–сжатие. Общее количество оболочечных и стержневых элементов равнялось 23871, количество степеней свободы – 98129.

Модель имела размеры: длина 16,8 м; ширина 10,5 м; высота 8,0 м.

Нагрузка от колёс вагонов задана в виде сосредоточенных сил, определенных с учётом сил инерции при качке в условиях района плавания R2 (Чёрное, Средиземное, Балтийское моря), кН:

$$P = P_{st} g \left(1 + \frac{a_z}{g} \right) = 12,13 * 9,81 * \left(1 + \frac{2,21}{9,81} \right) = 145,8,$$

где $P_{ST} = 97/8 = 12,13$ т – статическая нагрузка от одного колеса вагона; $g = 9,81$ м/с²; $a_z = 2,21$ м/с² – ускорение в вертикальном направлении (определялось моделированием качки судна для носовой группы вагонов в условиях класса R2).

Основные результаты расчётов, приведенные в табл. 2, подтвердили,

Наибольшие напряжения в конструкциях объёмной модели
грузового отсека

Конструкция	Вагоны массой 97 т на вершине волны		Вагоны массой 97 т на подошве волны		Равномерная нагрузка 3 т/м ²	
	σ , МПа (% от $[\sigma]$)	τ , МПа (% от $[\tau]$)	σ , МПа (% от $[\sigma]$)	τ , МПа (% от $[\tau]$)	σ , МПа (% от $[\sigma]$)	τ , МПа (% от $[\tau]$)
Рамные бимсы	96,1 (62,9)	79,9 (91,7)	93,7 (61,3)	80,2 (92,1)	87,9 (57,5)	77,4 (88,9)
Карлингсы и подрельсовые балки	59,6 (72,4)	44,3 (50,9)	60,1 (73,0)	51,8 (59,5)	57,5 (69,9)	49,6 (56,9)
Флоры	115,0 (81,6)	70,0 (87,1)	112,0 (79,4)	70	68,6 (48,7)	69,7 (86,7)
Стрингеры	48,0 (58,3)	56,4 (70,1)	47,2 (57,4)	56,8 (70,6)	38,9 (47,3)	45,2 (56,2)
Продольные РЖ	73,4 (89,2)	11,8 (14,7)	73,9 (89,8)	11,8 (14,7)	73,9 (89,8)	19,2 (23,9)
Пиллерсы	92,6 (78,8)	-	95,5 (81,3)	-	111,1 (94,6)	-

что конструкция паромов полностью удовлетворяет требованиям Правил РС (σ , τ , $[\sigma]$, $[\tau]$ – фактические нормальные и касательные, допускаемые нормальные и касательные напряжения соответственно). При этом наиболее нагруженными являются рамные бимсы грузовой палубы и продольные ребра жесткости днища (при перевозке вагонов) и пиллерсы, соединяющие перекрытия палубы и днища (при перевозке максимально возможной массы генерального груза на палубе). Наиболее опасные напряжения выделены шрифтом.

Для проверки общей прочности корпуса и контроля условий безопасной сцепки с береговой аппарелью порта Кавказ по углу слома рельсов, углу крена и максимальной и минимальной просадки кормы парома было выполнено моделирование грузовых операций погрузки (выгрузки) 50 вагонов массой по 88 т и по 94 т с учётом взаимодействия корпуса парома и мостового соединения.

Характеристики береговой аппарели, использованные при моделировании грузовых операций:

длина пролета – 40,0 м;

высота кромки рельсового пути над уровнем воды – 3,44 м;

максимальный уклон вниз – 10,0 град.;

максимальный уклон вверх – 2,70 град.;

реакция, передаваемая на корму судна (без вагонов на мосту) – 15,0 т.

Определена оптимальная схема погрузки 88-тонных вагонов, когда на паром одновременно подаётся два железнодорожных состава по 10 вагонов и 4 платформ – проставок в каждом. В первую очередь производится накатывание вагонов на бортовые пути, на которых размещают по 10 вагонов. Остальные вагоны после переключения стрелочного перевода накатываются на центральные пути (по 10 вагонов на каждый). При погрузке 94-тонных вагонов количество одновременно подаваемых вагонов уменьшается с 10 до 9.

Под погрузку судно подается с 1955 т балласта, из них 1144 т в средних балластных танках двойного дна используются для обеспечения устойчивости и во время грузовых операций остаются, а 811 т в кормовых танках используются для управления углами слома путей аппарели на начальном этапе и затем по мере погрузки удаляются за борт. Выгрузка производится в обратном порядке – вначале с центральных путей, затем с бортовых путей.

При работе с 94-тонными вагонами максимальный уклон аппарели (вверх) составляет 2,2 град. и наблюдается на начальном этапе погрузки, максимальный уклон аппарели 1,1 град. (вниз) наблюдается на заключительной стадии. Максимальный слом путей аппарели и судна в 2,1 град. возникает в начале грузовых операций. Реакция аппарели, действующая на корму парома, достигает 344 т при одновременной

погрузке двух веток вагонов и 180 т для одной ветки вагонов.

Изменения наибольшего изгибающего момента $M_{тв}$ в корпусах паромов при грузовых операциях приведены на рис. 4, где $M_{тв}$ – допускаемый момент при грузовых операциях.

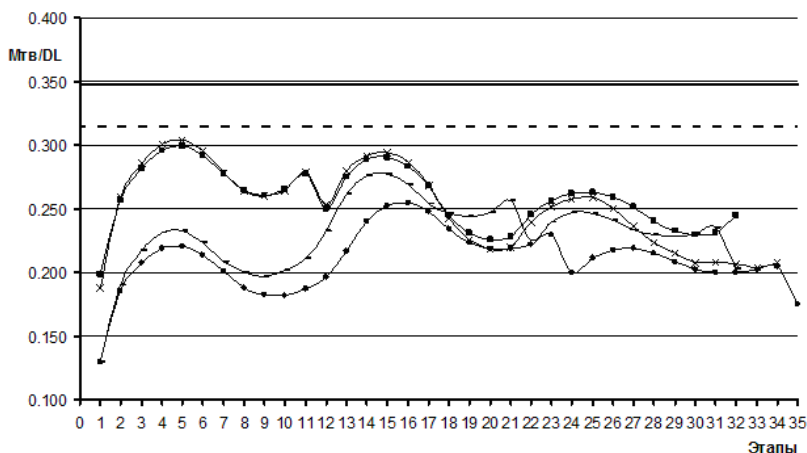


Рис. 4. Изменение наибольшего изгибающего момента при грузовых операциях:

- CNF 06 45 вагонов, 88т
- CNF 09 50 вагонов, 88т
- CNF 06 43 вагона, 97т
- △— CNF 09 45 вагонов, 94т
- CNF 06 [Mтв]
- CNF 09 [Mтв]

Усилия, возникающие в корпусе парома, удовлетворяют требованиям Правил РС (наибольший изгибающий момент при погрузке 94-тонных вагонов достигает 88 % от допускаемого значения в порту).

Конверсия судна "Славянин" осуществлялась на заводе "Южный Севастополь" (головное предприятие) и Херсонском судостроительном заводе (корпусные работы).

По прибытии судна на верфь были выполнены:

установка закладной секции днища (в цехе);

формирование блока для удлинения средней части судна (в цехе);

демонтаж конструкций и оборудования, включая верхнюю палубу с набором и оборудованием на участке от кормы до носовой надстройки, главную палубу (7,5 м от ОП), борт между верхней и главной палубами, борт вниз от главной палубы на 1100 мм, борт в районе установки спонсонов, аппарели, станцию гидравлики, подъемники, лифты, участки поперечных и продольных переборок, а также частичный демонтаж носовой надстройки. Всего было демонтировано 1492 т конструкций корпуса судна-донора и около 280 т устройств и другого

судового оборудования;

разделение носовой и кормовой части корпуса судна-донора на стапеле;

соединение вставки с существующими частями корпуса;

устройство новой грузовой палубы с прокладкой пяти железнодорожных путей, установки пиллерсов и дополнительных поперечных переборок, вторых бортов, формирования новых газовыхлопов и фальштруб, кормового переходного мостика с мачтой, кормовой части носовой надстройки, бортовых спонсонов (для увеличения площади грузовой палубы), развитого фальшборта.

Всего было установлено, включая цилиндрическую вставку, около 1542 т новых корпусных конструкций. Вновь установленные элементы корпуса и оборудования составили около 43 % от массы порожнем судна проекта CNF09. Рациональное применение вновь устанавливаемых конструкций позволило избежать необходимости установки подкреплений существующих конструкций для обеспечения общей продольной прочности удлиненного судна. При этом была сохранена значительная часть оборудования судна.

После конверсии "Славянин" и "Авангард" представляют собой (рис. 5) однопалубные, без седловатости, одновинтовые, с баком, с кормовым расположением машинного отделения и носовым расположением рубки, с двойным дном, двойными бортами, с носовой оконечностью ледокольного типа и транцевой кормовой оконечностью суда для перевозки накатным способом железнодорожных составов габаритом Т-1 (на крайних колеях №1 и №5 восьмиосных вагонов) и автомобильной колёсной техники. Оба предназначены для работы на линии порт Кавказ – порт Варна (Болгария) и могут перевозить железнодорожные вагоны, накатную технику, опасные грузы классов 1, 2, 3, 4.1, 4.2, 5, 6.1, 8, 9, негабаритные грузы, а также по 12 пассажиров.

Железнодорожные вагоны размещаются на пяти путях верхней палубы.

Погрузка-выгрузка осуществляется, как на практически всех паромах, спроектированных Морским Инженерным Бюро, в одной плоскости, что существенно удешевляет постройку судна и береговых терминалов и обеспечивает погрузку-выгрузку состава из 45 (для CNF06) и 50 (для CNF09) вагонов в течение 1,0 ... 1,5 часов.

Грузовая палуба паромов рассчитана на перевозку железнодорожных вагонов массой до 97 т на всех колеях, на крайних колеях (1 и 5) возможна перевозка вагонов массой до 219 т (восьмиосные), допустимая нагрузка колесной техники на ось – 12 т при 4 колесах на оси и 10 т при 2 колесах на оси. Так, паром проекта CNF06 может перевозить до 58 большегрузных автомобилей.

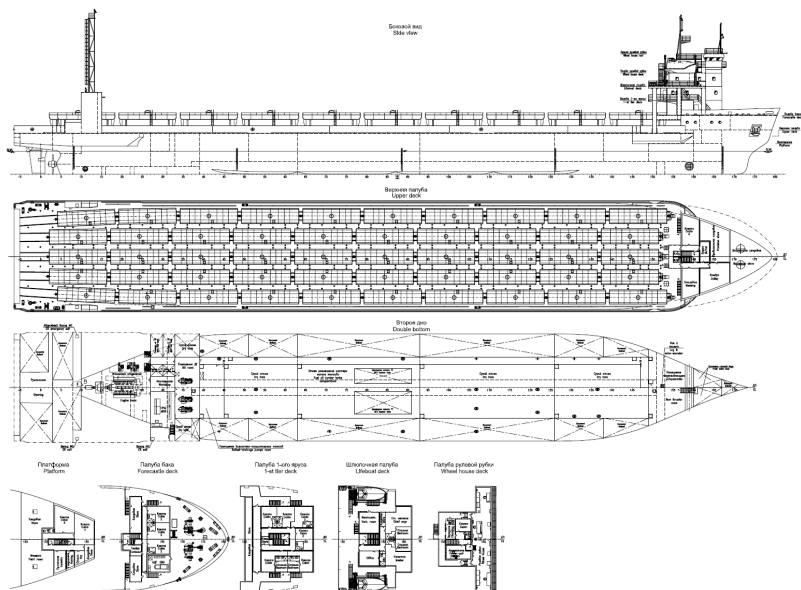


Рис. 5. Общее расположение железнодорожного паромов проекта CNF09 "Славянин"

Для крепления железнодорожных вагонов на верхней палубе установлены специальные рымы для крепления найтовов.

От продольного смещения в носовой части верхней палубы установлены специальные упоры, оборудованные железнодорожными автосцепами. В снабжение судна входят специальные железнодорожные башмаки. Для возможности сопряжения паромов с аппарелью берегового паромного комплекса в кормовой части верхней палубы предусмотрена ниша, на которую опирается и закрепляется береговая аппарель. Суда предназначены для работы с вагонами с российской колеей (1520 мм).

Для защиты вагонов, находящихся на верхней палубе, от воздействия моря, по бортам судна на верхней палубе устанавливаются фальшборты, имеющие высоту 1500 мм.

Суда одновальные, скорость в эксплуатации 12,0 узлов, имеют по два подруливающих устройства (в носу и в корме). Автономность по запасам – 15 суток. Общее количество мест – 29 (16 мест для экипажа, 1 запасное место и 12 мест для пассажиров).

Энергетическая установка располагается в кормовой части и состоит из:

у проекта CNF09 из одного дизельного двигателя максимальной длительной мощностью 5500 кВт при частоте 520 мин⁻¹, работающего через редуктор на винт регулируемого шага, а у проекта CNF06 из двух дизельных двигателей максимальной длительной мощностью 2200 кВт при частоте 600 мин⁻¹, работающих через один редуктор на винт регулируемого шага;

вспомогательной установки в составе трех дизель-генераторов электрической мощностью 250 кВт, одного валогенератора электрической мощностью 480 кВт и аварийного дизель-генератора электрической мощностью 94 кВт у проекта CNF09 и 75 кВт у проекта CNF06;

вспомогательной котельной установки в составе одного вспомогательного парового котла;

вспомогательных механизмов и аппаратов, обслуживающих энергетическую установку.

В качестве топлива применяются: для главного двигателя и котла – тяжелое топливо IFO180 с температурой вспышки не менее 70° С, содержанием серы не более 1,5 %; для дизель-генераторов и АДГ – дизельное топливо MDO с температурой вспышки более 60° С, содержанием серы не более 1,5 %.

В кормовой части установлен полуподвесной полубалансирный руль. В качестве рулевого привода используется электрогидравлическая рулевая машина с вращающим моментом 180 кНм. Для улучшения управляемости на малых ходах, при проходе узкостей и при швартовках на судне в носу и корме имеются подруливающие устройства типа "винт в трубе" с электрическим приводом. Мощность носового подруливающего устройства с винтом регулируемого шага составляет 440 кВт. Для управления ВРШ носового подруливающего устройства предусматривается блок гидравлики, насос которого имеет предохранительный клапан. Мощность кормового подруливающего устройства с винтом фиксированного шага составляет 200 кВт.

Для выполнения швартовных операций в носовой части судна используются турочки якорно-швартовых лебедок, которые обеспечивают натяжение и травление швартовных канатов при проведении швартовных операций. В кормовой части верхней палубы по бортам установлены швартовные шпили (для подтягивания судна к береговым сооружениям паромной переправы).

В 2010 г. оба железнодорожных парома совершили на линии порт Кавказ – порт Варна 49 круговых рейсов и было перевезено 3963 вагона. В частности паром проекта CNF06 "Авангард" выполнил 40 рейсов и перевез в направлении Кавказ–Варна 1613 вагонов, в направлении Варна-Кавказ 1623 вагона. Паром проекта CNF09 "Славя-

нин" – 9 круговых рейсов, в направлении Кавказ–Варна было перевезено 380 вагонов, в направлении Варна–Кавказ 347 вагонов.

Всего на Чёрном море с порта Кавказ на четырех линиях (Кавказ–Крым, Кавказ–Варна, Кавказ–Поти, Кавказ–Самсун) успешно работают уже шесть новых железнодорожных паромов (по два проекта 002CNF01, CNF03 и по одному CNF09 и CNF09), спроектированных Морским Инженерным Бюро и построенных на украинских заводах в период с 2003 по 2010 годы с применением элементов существующих судов-доноров.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что задача обоснования характеристик паромов для порта Кавказ решена как теоретически, так и практически.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков Ю.П. Железнодорожные паромы // Судостроение. – 1977. - № 9. - С. 15 - 20.
2. Егоров Г.В. Прочностные проблемы проектирования железнодорожных паромов для Каспия // Труды НТК по СМК памяти акад. Ю.А. Шиманского. - СПб: ЦНИИ им акад. А.Н. Крылова, 2003. - С. 18 - 19.
3. Егоров Г.В., Автутов Н.В. Создание черноморских железнодорожных паромов с применением элементов существующих судов // Вісник ОНМУ. - Одеса: ОНМУ, 2007. - Вип. 23. - С. 52 - 67.
4. Егоров Г.В., Чистяков И.М., Автутов Н.В. Железнодорожный паром вместимостью 50 вагонов для Черного моря // Судостроение и судоремонт. – 2007. - № 4 (25). - С. 8 - 18.
5. Ермакова Е. Паромные переправы "закольцуют" Черное море // Морские порты. – 2010. - № 3(84). - С. 42 - 45.
6. Иринеев М. Забытая переправа // Морской Флот. – 1989. - № 2. - С. 5 - 7.
7. Чистяков И.М., Егоров Г.В., Добряков С.Ю., Автутов Н.В. "Avangard" объединяет Черное море. Открыта новая судоходная линия порт Кавказ - Варна // Судостроение и судоремонт. – 2009. - №4-5 (30-31). - С. 28 - 31.