

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА

SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE SHIP

УДК 629.5.081.326.012/.015.4

<https://doi.org/10.37890/jwt.vi69.226>

Анализ корпусных конструкций современных сухогрузных судов-представителей

А.М. Борисов

ORCID: 0000-0002-1521-5720

*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород,
Россия*

Аннотация. Приводятся результаты анализа проектирования корпусных конструкций современных сухогрузных судов-представителей внутреннего и смешанного («река-море») плавания в сравнении с классическими судами постройки XX века. Рассматриваются характерные повреждения корпусных конструкций, приводятся рекомендации по проектированию основных связей корпуса в соответствии с требованиями Российского Речного Регистра (РРР) и Российского морского регистра судоходства (МРС). Отмечено, что с учетом сложившихся грузопотоков на водном транспорте корпуса судов внутреннего плавания ранней постройки подвергаются модернизации для эксплуатации в прибрежных морских районах. Показано, что с учетом старения флота в современных условиях значительная роль отводится строительству «сверхполных» судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания, способных доставлять различные грузы без промежуточной перевалки из морских портов в речные порты страны.

Ключевые слова: сухогрузный теплоход, баржа, Российский Речной Регистр, Российский морской регистр судоходства, класс судна, перевозимые грузы, суда внутреннего и смешанного («река-море») плавания, конструкция корпуса, старение флота, модернизация корпуса судна, мидель-шпангоут.

Analysis of modern hull structures dry cargo ships-representatives

Alexander M. Borisov

ORCID: 0000-0002-1521-5720

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article presents the results of the analysis of the hull structure design of the modern dry cargo vessels-representatives of inland and mixed ("river-sea") navigation in comparison with classical vessels built in the twentieth century. The characteristic damages of hull structures are considered, recommendations are given on the design of the main hull connections in accordance with the requirements of the Russian River Register (RRR) and the Russian Maritime Register of Shipping (MRS). It is noted that due to the existing cargo flows on water transport the hulls of inland navigation vessels of early construction are being modernized for operation in coastal marine areas. It is shown that due to the aging of the fleet

in modern conditions a significant role is assigned to the construction of "super-full" vessels of internal and mixed ("river-sea") navigation, capable of delivering various cargoes without intermediate transshipment from seaports to river ports of the country.

Keywords: dry-cargo ship, barge, Russian River Register, Russian Maritime Register of Shipping, vessel class, cargo transported, inland and mixed ("river-sea") navigation vessels, hull design, aging of the fleet, modernization of the hull, amidships-frame.

Введение

В нашей стране во второй половине XX века было построено большое количество самоходных и несамоходных речных и морских судов различного назначения.

В середине шестидесятых годов XX века началось строительство судов смешанного («река-море») плавания в результате создания единой глубоководной системы европейской части страны, позволившей обеспечить выход судов из внутренних водных бассейнов в прибрежные районы Балтийского, Северного, Белого, Черного, Каспийского и Средиземного морей. В результате развития кораблестроительной науки совершенствовались Правила Российского Речного Регистра (РРР) [1] и Российского морского регистра судоходства (МРС) [2], устанавливающие требования к проектированию корпусов судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания.

Сопоставительный анализ требований Правил МРС и РРР к конструкции и прочности корпусов грузовых судов смешанного плавания классов «R3-RSN» и «М-СП 3,5», близких по условиям эксплуатации, приведен в работе [3] и в работах других авторов. Анализ конструкции корпуса современных наливных судов-представителей в сравнении с судами ранней постройки приведен в работе автора [4].

В результате старения и утилизации флота за последние 35 лет судов стало почти в два раза меньше, а средний возраст судов вырос практически в два раза. Так, если на учете в 1980 г. состояло около 48,0 тыс. судов со средним возрастом 14,9 г., то к 2015 году произошло сокращение флота до 22,7 тыс. судов со средним возрастом 33,2 г. При этом ежегодно списывалось и утилизировалось от 800 до 1000 судов [5].

В настоящее время в эксплуатации находится около 1,56 тыс. грузовых судов смешанного, внутреннего и ограниченного морского плавания, из них судов, построенных до 2000 г. – 71%, остальные 29% судов построены в XXI веке. Всего по данным Морского Инженерного Бюро (МИБ) среди построенных за последние 20 лет: 221 сухогрузное судно, 233 танкера и комбинированных судна [5]. В постройке на разных стадиях находятся еще 71 судно, в том числе 59 сухогрузов.

При всем многообразии судов в настоящей работе приводятся результаты анализа и особенности конструкции корпуса современных самоходных и несамоходных сухогрузных судов-представителей внутреннего и смешанного («река-море») плавания в сравнении с классическими аналогичными судами ранней постройки.

1. Особенности конструкции корпуса самоходных сухогрузных судов

Одними из самых крупных судов внутреннего плавания и самых массовых сухогрузных серий были сухогрузные теплоходы различных модификаций типа «Волго-Дон» (пр. 507 и 1565) грузоподъемностью 5000 т, построенные в 60-е – 80-е годы XX века на класс «О» РРР (рис.1); всего было построено 225 судов. Главные размерения судна: $L \times B \times H \times T = 135 \times 16,5 \times 5,5 \times 3,5$ м; материал корпуса: сталь марки ВСтЗсп4, (предел текучести $R_{eH} = 235$ МПа), для верхнего пояса применена сталь повышенной прочности (СПП) марки 10Г2С1Д ($R_{eH} = 355$ МПа). В грузовом трюме корпус выполнен с двойным дном (ДД) и двойным бортом (ДБ), рамная шпация 1,8 м.

В средней части корпуса применена смешанная система набора (система Шиманского) и поперечная – в МО и оконечностях. Опыт эксплуатации судов внутреннего (СВП) и смешанного (ССП) плавания длиной более 80 м показывает, что

такая система набора корпуса позволяет наиболее эффективно обеспечить общую и местную прочность и поэтому она чаще применяется и на современных СВП и ССП средней и большой длины. На некоторых судах (например, пр. RSD44) в средней части корпуса для уменьшения расчетного изгибающего момента установлен диптанк ДП

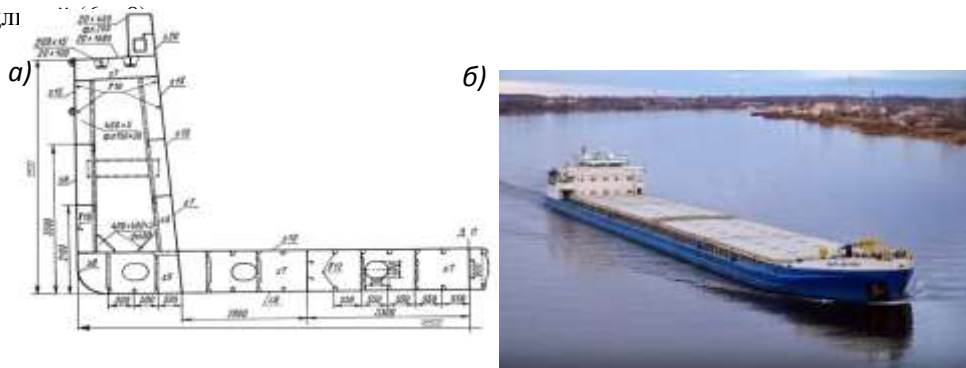


Рис.1. Эскиз (а) рамного шпангоута [6] и общий вид (б) сухогрузного теплохода типа «Волго-Дон»

Fig.1. Sketch (a) of the frame frame [6] and general view (b) of the Volga-Don type dry cargo ship

Рамные шпангоуты судов типа «Волго-Дон», имеющие Г-образное сечение отфланцованного профиля, при строительной толщине стенки 5 мм не обеспечивали достаточную местную прочность и после 20 лет эксплуатации имели значительные повреждения («кромочную деформацию»), требующие дорогостоящего ремонта. Большой эффективностью для рамного набора обладает сварной тавровый профиль, размеры которого назначаются в соответствии с требованиями РРР [1].

В ходе эксплуатации неподкрепленные стенки флоров ДД около внутреннего борта (особенно в районе вырезов-лазов), получали значительные повреждения с потерей устойчивости стенки и образованием трещин в углах вырезов (рис. 2, поз. а). Это приводило к увеличению трудоемкости при выполнении ремонтных работ в стесненных условиях ДД.

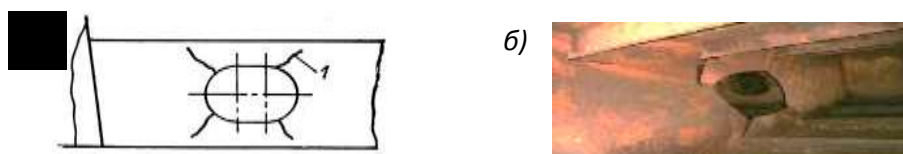


Рис.2. Повреждение флоров ДД с потерей устойчивости стенки и образованием трещин

Fig.2. Damage to the DD flores with loss of wall stability and crack formation

В соответствии с требованиями Регистра [1, 2] для обеспечения устойчивости стенки рамного набора подкрепляются ребрами жесткости, установленными нормально или параллельно поясам рамных балок. Особое внимание уделяется подкреплению стенки флора около внутреннего борта, и здесь рекомендуется применять диагональное (а) или комбинированное (б, в) подкрепление стенки (рис. 3) при смещении выреза-лаза от опоры в пролет [7].

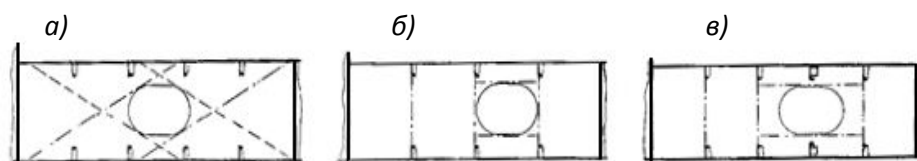


Рис. 3. Подкрепление стенки флоров ДД в районе вырезов-лазов у ДБ

Fig. 3. Reinforcement of the wall of the floor DD in the area of the cutouts at the DB

Для уменьшения концентрации напряжений и исключения трещинообразования при переходе настила ДД в узкую полку флора ДБ стали устанавливать горизонтальные (фестонные) кницы (рис. 4), свободная кромка которых подкрепляется полосой или отгибается фланец (б, в). Такой узел хорошо зарекомендовал себя в эксплуатации и применяется на современных судах [7].

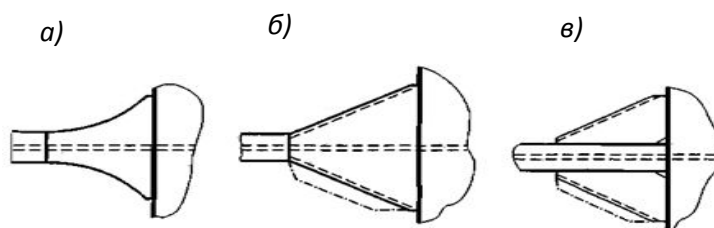


Рис. 4. Установка горизонтальных книц (бракет) в районе ДБ

Fig. 4. Installation of horizontal knits (bracket) in the DB area

В 90-е гг. для обеспечения международных грузоперевозок и выхода СВП в прибрежные морские районы некоторые речные суда были реконструированы на класс смешанного («река-море») плавания («М-ПР» и «М-СП» РРР). Для обеспечения общей прочности корпуса этих судов были укорочены, получили усиленный набор и корпус (устанавливались накладные полосы по комингсу и днищу). В ходе модернизации на судах было установлено более совершенное оборудование трюмов и люковых закрытий, высокий бак в носовой оконечности, а также спроектирована надстройка более современной формы с применением модульных конструкций. Большинство модернизированных судов типа «Волго-Дон» находятся в эксплуатации до настоящего времени.

В результате совершенствования сухогрузных теплоходов типа «Волго-Дон» с 1981 г. началось строительство сухогрузных теплоходов типа «Волжский» (пр. 05074) и его модификаций на класс «О» и «О-ПР» РРР. На судне с главными размерениями $L \times B \times H \times T = 136 \times 16,5 \times 5,5 \times 3,5$ м и грузоподъемностью около 5000 т были устранены выявленные ранее конструктивные недостатки (отмеченные выше), однако, принципиальная конструкция теплоходов сохранилась как у «Волго-Дона».

1991 г. часть судов проекта 05074 М была дополнительно модернизирована (рис. 5) для повышения класса плавания с «О» и «О-ПР» на «М-СП» РРР, а также на класс «КМ ★ L4 R2-RSN» МРС.

а)



б)



Рис.5. Сухогрузный теплоход типа «Волжский» до (а) и после модернизации (б)

Fig.5. Dry cargo ship of the «Volzhsky» type before (a) and after modernization (b)

Для улучшения мореходных качеств при работе в морских условиях корпус судов типа «Волжский» (как и некоторых судов типа «Волго-Дон») был укорочен на 30 м, поднята высота второго борта и комингса на 2,5 м, убраны сцепные устройства, переоборудованы трюмы. Схемы мидель-шпангоутов сухогрузного теплохода типа «Волжский» (пр.05074М) до (а) и после (б) модернизации [8] приведены на рис. 6.

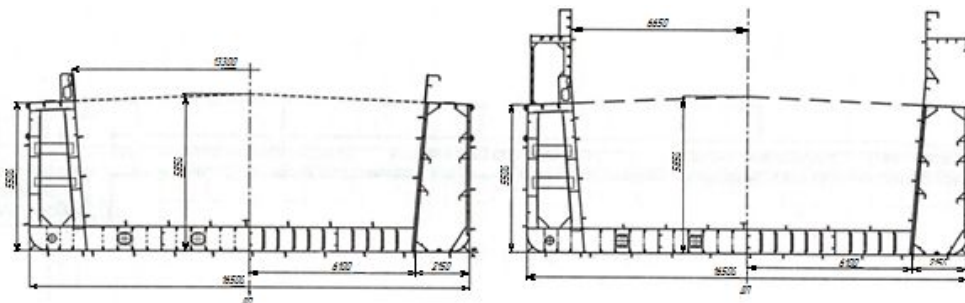


Рис. 6. Схемы мидель-шпангоутов сухогрузного теплохода типа «Волжский» пр.05074М до (а) и после (б) модернизации

Fig. 6. Schemes of the midship frame of a dry cargo ship type «Volzhsky» pr.05074M before (a) and after (b) modernization

В связи с изменениями в формировании грузопотоков в 2000-2003 гг. девять судов типа «Волжский» (пр. 05074) были переоборудованы в нефтеналивные суда типа «Волга-Флот» (пр. 05074Т) с усилением днища, установкой продольной переборки в ДП, настила палубы и поперечных переборок, делящих грузовой отсек на восемь танков [4].

Однако в 2019 г. при изменении грузопотоков три танкера типа «Волга-Флот» (пр.05074Т) снова были переоборудованы в сухогрузные теплоходы по проекту RSD22 с демонтажем палубы, диаметральной переборки и наращиванием комингса аналогично приведенному на рис. 6, б. Конверсированные сухогрузные суда дедевитом 5450 т используются для перевозок генеральных и насыпных грузов, включая зерно, лес, гранулированную серу. В последние годы Волжское пароходство запланировало переоборудование в сухогрузы еще три таких танкера.

Большую группу судов смешанного плавания представляют сухогрузные теплоходы грузоподъемностью около (2000...3000) т, спроектированные для прохождения по Волго-Донскому (ВДСК), Беломоро-Балтийскому (ББК) и Волго-Балтийскому (ВБК) каналам с выходом в море на классы «М-ПП», «М-СП» РРР и на классы II СП (R2-RSN) и III СП (R3-RSN) МРС. Это суда типа «Балтийский» (пр. 781, 613), «Волго-Балт» (пр. 791, 2-95, 2-95А, 2-95А/Р), «Сормовский» (пр. 1557) и «Омский» (пр. 1743), имеющие близкие главные размерения и форму поперечного сечения.

Популярность судов грузоподъемностью около 3000 т (так называемые «трехтысячники») исторически связана с партией перевозимого груза, перегружаемого в портах для дальнейшей транспортировки в железнодорожные составы из 50 вагонов. Это позволяет без промежуточных перегрузок доставлять грузы из речных портов России в порты Европы. Поэтому такие суда востребованы и в современных условиях транспортных перевозок различных грузов.

Эскиз рамного шпангоута [6] и внешний вид сухогрузного теплохода типа «Волго-Балт» (пр. 791), построенного на класс «М» (в последующем – на класс «М-СП») РРР грузоподъемностью 2700 т с главными размерениями $L \times B \times H \times T = 110,1 \times 13,0 \times 5,5 \times 3,34$ м, приведены на рис. 7.

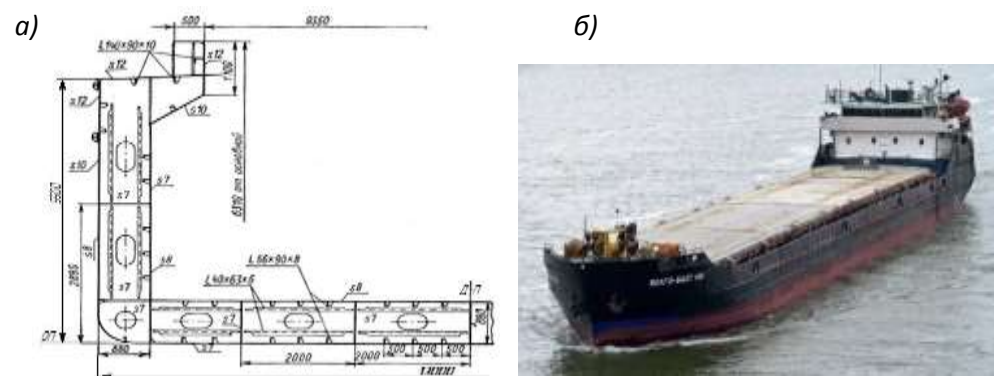


Рис. 7. Эскиз рамного шпангоута (а) и внешний вид (б) сухогрузного теплохода типа «Волго-Балт» (пр. 791)

Fig. 7. Sketch of the frame frame (a) and appearance (b) of the «Volga-Balt» type dry cargo ship (pr. 791)

Корпус судна выполнен по смешанной системе набора в средней части и поперечной – в МО и оконечностях. Грузовое пространство разделено поперечными гофрированными переборками на четыре трюма с ДД и ДБ. В узких ДБ (880 мм) применена диафрагменная конструкция рамного набора аналогично конструкции флоров и кильсонов ДД. Материал корпуса: сталь марки ВСтЗсп4 ($R_{eH} = 235$ МПа); верхний пояс для обеспечения общей прочности выполнен из стали повышенной прочности (СПП) марки 09Г2 ($R_{eH} = 315$ МПа).

Для улучшения мореходных качеств, увеличения грузоподъемности, грузовместимости и прочности корпуса по проекту МИБ была выполнена модернизация ряда судов этих проектов. При этом на полки существующих комингсов установлены дополнительные продольные комингсы грузовых люков высотой 1,3 м (общая высота продольных и поперечных комингсов составляет 2,5 м). Соответственно увеличивается высота поперечных переборок и высота бака. В результате выполненной модернизации по данным МИБ [5, 8] стандарт общей прочности судна увеличивается в среднем на 67%, грузоемкость трюмов – на 20%, дедвейт – на 21%, и корпус переоборудованного судна приводится в соответствие с требованиями Международной Конвенции (МК) о грузовой марке.

Эскиз мидель-шпангоута сухогрузного теплохода типа «Волго-Балт» (пр. 2-95А/Р) после модернизации приведен на рис. 8 [7].

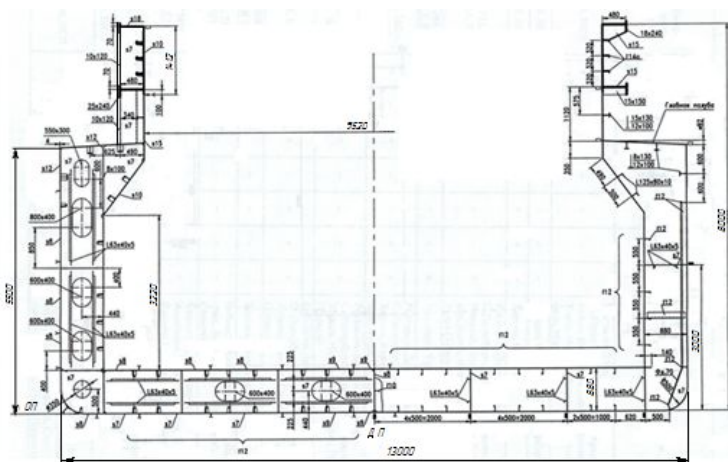


Рис. 8. Эскиз мидель-шпангоута сухогрузного теплохода типа «Волго-Балт» (пр.2-95А/Р) после модернизации

Fig. 8. Sketch of the midship frame of the «Volgo-Balt» type dry cargo ship (pr.2-95A/R) after modernization

Внешний вид сухогрузного теплохода «Ополье» типа «Волго-Балт» (пр.2-95А/Р) после модернизации судна в 2016 г. на класс «КМ ★ L4 R2-RSN (L4 при $d \leq 3,85$ м)» МРС с увеличением высоты продольного комингса приведен на рис. 9. Аналогичная модернизация по проектам МИБ выполнялась на однотипных судах, приведенных выше проектов, при реклассификации их на классы МРС.



Рис. 9. Сухогрузный теплоход «Ополье» пр. 2-95А/Р (типа «Волго-Балт») после модернизации (а) и при увеличении высоты продольного комингса (б)

Fig. 9. Dry cargo ship «Opole» pr. 2-95A/R (type «Volgo-Balt») after modernization (a) and with an increase in the height of the longitudinal coaming (b)

В 90-е годы XX века большинство судов типа «Волго-Балт», «Омский», «Сибирский» и некоторая часть судов типа «Волго-Дон» для расширения морской эксплуатации были реклассифицированы на класс КМ★ L2 R3-RSN или КМ★ L2 R2-RSN MPC. Для обеспечения требуемой прочности укорачивалась цилиндрическая вставка, а по верхнему поясу (комингс, ширстрек, палубный стрингер) устанавливались накладные полосы толщиной (20...24) мм. При этом момент сопротивления корпуса возрастал на (20...40) %.

2. Особенности конструкции корпуса несамоходных сухогрузных судов

Кроме самоходных судов в составе отечественного флота была большая группа грузовых несамоходных судов (барж) внутреннего плавания (ВВП). Проектирование барже-буксирных составов (ББС) позволяет эффективнее использовать подвижной состав судов по сравнению с обычными самоходными сухогрузными и наливными судами, поскольку при простое самоходного судна под погрузкой-выгрузкой буксир/толкач может обеспечивать транспортировку другой партии несамоходных судов в пункт назначения. При этом экономичнее используется судовая энергетическая установка, что особенно актуально для судов внутреннего плавания с ограниченным навигационным периодом эксплуатации.

С 60-х годов XX века и до настоящего времени при проектировании и эксплуатации ББС преимущественно применяется метод толкания, более эффективный по сравнению с буксировкой несамоходных грузовых судов [4]. Для восприятия значительных контактных усилий взаимодействия в месте сцепления судов в носовой оконечности толкача и в кормовой оконечности толкаемой баржи устанавливались упорные и сцепные конструкции. В настоящее время эти конструктивные решения, хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации, принимаются и в новом судостроении. При этом в плоскости упоров толкача и толкаемого судна в отсеках пиков устанавливаются продольные переборки (иногда и по всей длине судна), которые вместе с палубой и днищем образуют мощные коробчатые конструкции, вовлекающие в работу все связи корпуса.

Среди несамоходных сухогрузных судов-представителей необходимо выделить большую серию двухсекционных бункерных барж пр.1787 (общей грузоподъемностью 7500 т) и пр. 1787У (общей грузоподъемностью 8900 т), построенных на класс «О» РРР в 70-е годы XX века. Главные размерения секций барж

пр. 1787: $L \times B \times H \times T = 96 (97,2) \times 14,0 \times 4,8 \times 3,5$ м (в скобках приведена длина концевой секции).

Корпус баржи пр.1787У длиннее на 16,2 м и имеет усиленный палубный набор. Это позволило увеличить общую грузоподъемность состава на 1400 т. В остальном конструкция корпуса барж аналогична, выполнена по смешанной системе набора в средней части (продольная – по палубе и днищу в ДБ), причем ДД для обеспечения общей поперечной прочности было выполнено с поперечной системой набора. С этой целью на самоходных и несамоходных бункерных судах ранней постройки в плоскости палубы между внутренними бортами устанавливались мощные коробчатые балки – «озды», сильно повреждаемые при выполнении грузовых операций, и от постановки которых в дальнейшем отказались. Эскиз холостого шпангоута [6] и внешний вид баржи пр.1787 приведены на рис. 10.

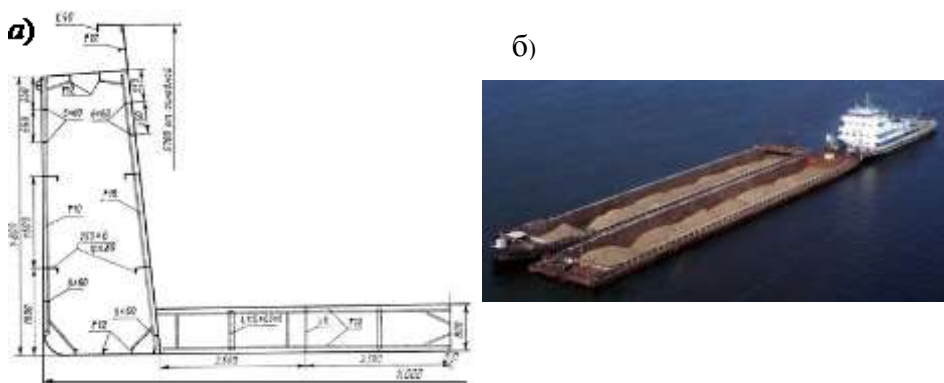


Рис. 10. Эскиз холостого шпангоута секции (а) и внешний вид барж пр. 1787 с толкачом (б)

Fig. 10. Sketch of the idle frame of the section (a) and the appearance of the barges pr. 1787 with a pusher (b)

В ходе эксплуатации при интенсивном износе днищевого пояса и недостаточной общей продольной прочности многие баржи обоих проектов получали перелом корпуса как при его прогибе (рис. 11), так и при перегибе. Выполнение усиления палубы (установка накладных полос по стенке и полке комингса) и днищевого пояса (установка дополнительных кильсонов) позволяет находиться баржам этого проекта в эксплуатации до настоящего времени.



Рис. 11. Перелом баржи пр.1787У при прогибе корпуса

Fig. 11. Fracture of the barge pr.1787U at the deflection of the hull

Выявленные недостатки были устранены при строительстве составных бункерных барж пр. Р156 общей грузоподъемностью 9100 т, класса «О (лед)» РРР, главные размерения секции: $L \times B \times H \times T = 112(113,4) \times 14,0 \times 5,0 \times 3,7$ м. Эскиз рамного шпангоута секции [6] и внешний вид баржи пр. Р156 приведены на рис. 12.

Конструкция ДД этих судов принята с продольной системой набора, увеличены толщины связей и значительно усилен палубный пояс эквивалентного бруса (ЭБ), что позволило обеспечить достаточную прочность и надежность корпуса судна. Большинство судов этого проекта до настоящего времени находятся в эксплуатации.

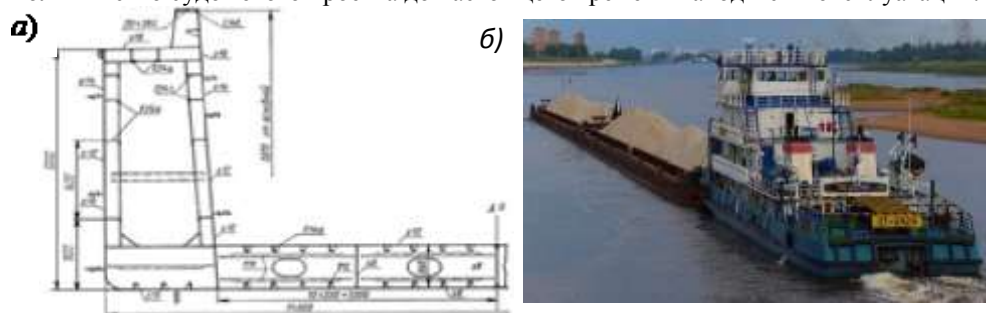


Рис. 12. Эскиз рамного шпангоута секции (а) и внешний вид баржи пр. Р156 с толкачом (б)

Fig. 12. Sketch of the frame frame of the section (a) and the appearance of the barges pr. R156 with a pusher (b)

В период с 1995 по 2002 гг. с учетом сложившихся транспортных грузопотоков часть барж по пр. Р156СТ была переоборудована в нефтеналивные грузоподъемностью 4100 т каждой секции (общая грузоподъемность 8200 т), которые также могли работать в двухсекционном составе (рис. 13).



Рис. 13. Внешний вид нефтеналивных барж пр. Р156СТ с толкачом после модернизации

Fig. 13. The appearance of oil barges pr. R156ST with a pusher after modernization

В грузовом бункере в ДП была установлена продольная переборка и четыре поперечные переборки, делящие грузовой отсек на восемь танков. На уровне полки комингсов устанавливался настил палубы аналогично переоборудованию в танкеры сухогрузных теплоходов типа «Волжский» [4]. В настоящее время с учетом потребности некоторые из переоборудованных в наливные баржи вновь переоборудуются в сухогрузные.

3. Особенности конструкции корпуса сухогрузных судов-площадок

Низкая технологичность конструкции ДД при постройке и особенно при выполнении судоремонта в стесненных условиях приводила кораблестроителей к поиску совершенствования конструкций сухогрузных судов. Так, с учетом ограничения глубины рек на внутренних водных путях получили развитие низкобортные суда-площадки, как самоходные, так и несамоходные, у которых груз находится на главной палубе, а грузовая площадка имеет ограждение высотой (0,4...1,8) м. Площадочные суда, как правило, предназначены для перевозки навалочных минерально-строительных грузов, не боящихся подмочки (песок, щебень, гравий), и других массовых грузов.

Конструкция корпуса судов-площадок проще, чем у бункерных судов. Здесь отсутствует ДД и ДБ, в палубе нет грузовых люковых вырезов, ослабляющих палубный пояс эквивалентного бруса (ЭБ). Настил палубы выполняется утолщенным (8...12) мм для восприятия рейферной нагрузки при выполнении грузовых операций.

Ярким представителем самоходных судов-площадок ранней постройки можно считать теплоходы типа «Окский» пр. 559Б (и его модификаций) грузоподъемностью 1200 т (рис. 14, а), с главными размерениями $L \times B \times H \times T = 79,8 \times 15 \times 2,8 \times 1,71$ м, и пр. Р97 грузоподъемностью 1930 т с главными размерениями $L \times B \times H \times T = 90 \times 15 \times 2,8 \times 2,25$ м и двухъярусной надстройкой (рис. 14, б).

а)



б)



Рис. 14. Общий вид теплоходов типа «Окский» пр. 559Б (а) и пр. Р97 (б)

Fig. 14. General view of the ships of the type «Oksky» pr. 559B (a) and pr. R97 (b)

Корпуса судов обоих проектов строились на класс «О» РРР, имеют схожую конструкцию корпуса, выполнены по смешанной системе набора в средней части (система Шиманского) и поперечной – в машинном отделении (МО) и оконечностях. Рамные шпангоуты установлены через две шпации (1,2 м). Эскиз рамного шпангоута судна приведен на рис. 15, а. Часть судов была переоборудована по проекту 776 под толкание баржи-приставки пр. 942 грузоподъемностью 1000 т. В носовой оконечности у некоторых судов для толкания баржи-приставки пр. 943АУ устанавливалось изгибающее сцепное устройство для прохождения участков рек с малыми радиусами закруглений судового хода, что актуально для внутренних водных бассейнов.

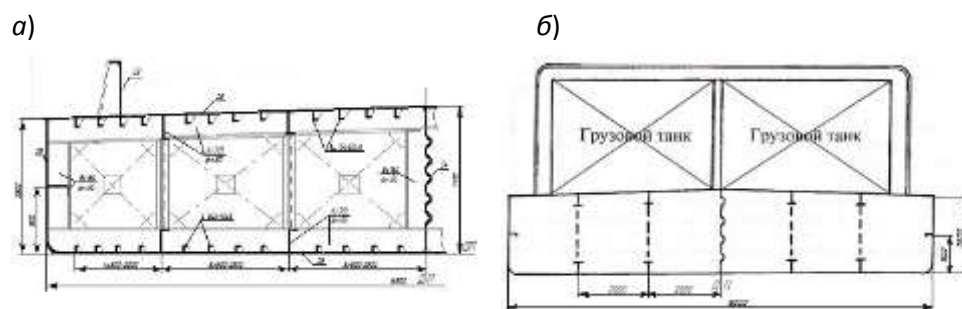


Рис. 15. Эскиз поперечного сечения корпуса теплохода типа «Окский» (пр. 559Б):
 а – до переоборудования; б – схема переоборудования корпуса в танкер

Fig. 15. Sketch of the cross-section of the hull of the «Oksky» type motor ship (pr. 559B):
 a - before conversion; b - scheme of conversion of the hull into a tanker

У судов-площадок для обеспечения прочности палубного перекрытия, несущего основную нагрузку, в ДП, как правило, устанавливается продольная переборка, а в плоскости кильсонов и карлингсов – продольные раскосные (иногда безраскосные) фермы или продольные переборки. Поперечные раскосные фермы (или переборки) также устанавливаются достаточно часто: в соответствии действующими требованиями РРР [1] – на расстоянии не более 12 шпаций, а при высоте борта больше 2,5 м – не более 18 шпаций.

В 2002-2003 гг. часть судов пр. 559Б и Р97 были переоборудованы из сухогрузных судов в нефтеналивные танкеры (рис. 15, б) класса «О» РРР по проекту 559Т грузоподъемностью 1730 т с осадкой $T = 2,38$ м и по проекту Р97Т (танкер) грузоподъемностью 1900 т с осадкой $T = 2,38$ м [4].

При переоборудовании сухогрузного теплохода-площадки типа «Окский» (пр.559Б и пр. Р97) в нефтеналивной танкер на главной палубе устанавливался грузовой бункер с продольной системой набора, разделенный продольной переборкой в ДП (рис. 15, б) и поперечными переборками на грузовые танки. Однако вследствие изменения грузопотоков часть переоборудованных танкеров в 2019 г. вновь были переоборудованы в сухогрузные теплоходы-площадки с удалением с главной палубы грузового бункера и восстановлением грузовой площадки для приема навалочных грузов (рис. 15, а). При этом конструкция корпуса не изменялась.

Представителем массовой серии несамоходных барж-площадок является пр. 942 разных модификаций, построенных на класс «Р» РРР грузоподъемностью 1000 т с главными размерениями $L \times B \times H \times T = 66,3 \times 14 \times 2 \times 1,5$ м. Конструкция корпуса баржи с продольными и поперечными раскосными фермами и продольной переборкой в ДП аналогична конструкции теплохода типа «Окский» (пр. 559Б), приведенной на рис. 15, а. Система набора в средней части корпуса принята смешанная (система Шиманского), в оконечностях – поперечная, рамная шпация 1,2 м.

В некоторых модификациях барж-площадок пр. 942 для увеличения жесткости корпуса вместо раскосных ферм устанавливались продольные и поперечные переборки, в результате чего увеличивалась металлоемкость и трудоемкость постройки судна. Эскиз рамного шпангоута [6] и внешний вид баржи-площадки пр. 942 с продольными переборками приведены на рис. 16.

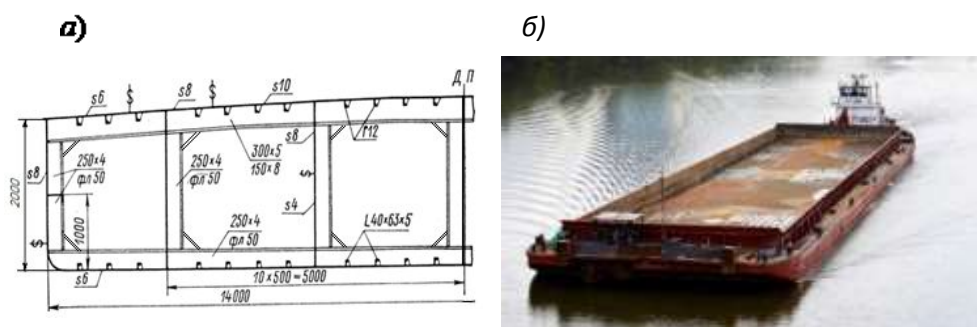


Рис. 16. Эскиз рамного шпангоута (а) с продольными переборками и внешний вид (б) баржи-площадки пр. 942 грузоподъемностью 1000 т

Fig. 16. Sketch of the frame frame (a) with longitudinal bulkheads and the appearance (b) of the barge platform pr. 942 with a load capacity of 1000 tons

Для повышения технологичности и уменьшения трудоемкости при изготовлении корпуса в 80-е годы стали применяться модульные конструкции с использованием модуль-панелей и модуль-секций. Эскиз рамного шпангоута баржи-площадки при модульной постройке корпуса и конструкция модуль-панели приведены на рис. 17 [6].

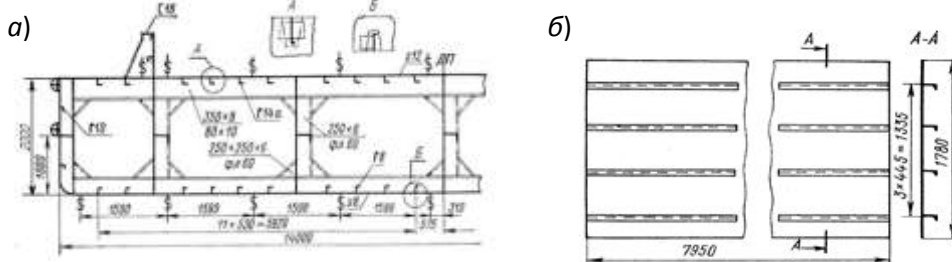


Рис. 17. Эскиз рамного шпангоута баржи-площадки при модульной постройке корпуса (а) и конструкция модуль-панели (б)

Fig. 17. Sketch of the frame frame of the barge platform during the modular construction of the hull (a) and the design of the module panel (b)

При модульной конструкции балки холостого набора днища, борта и палубы направлены вдоль судна и, таким образом, весь корпус в районе цилиндрической вставки выполняется с продольной системой набора. С упрощенными (или санообразными) обводами оконечности весь корпус может выполняться по продольной системе набора.

Полностью по продольной системе набора построены баржи-площадки пр. 16800 разных модификаций с ледовым усилением корпуса на класс «О (лед)» и «М (лед)» РРР грузоподъемностью от 2500 до 3000 т (рис. 18) и с главными размерениями $L \times B \times H \times T = 98 \times 16,5 \times 2,8 \times 2,2$ (2,5) м. В кормовой оконечности для улучшения управляемости у несамходных барж, как правило, устанавливаются стабилизаторы.

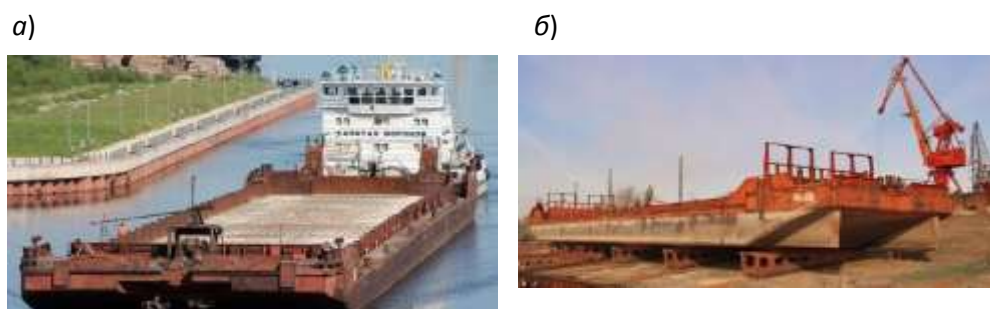


Рис. 18. Баржа-площадка пр.16800 в ходу (а) и на стапеле (б)

Fig. 18. Barge-platform pr. 16800 in motion (a) and on the slipway (b)

Модульная конструкция корпуса применяется при постройке барж-площадок и в настоящее время. На рис. 19 приведена в постройке (а) и на стапеле (б) баржа-площадка пр. 82260 грузоподъемностью 1873 т класса «О» РРР, главные размерения $L \times B \times H \times T = 74 \times 15 \times 2,6 \times 2,19$ м. Корпус выполнен по продольной системе набора с двумя продольными переборками, безраскосными фермами и санообразной формой оконечностей.

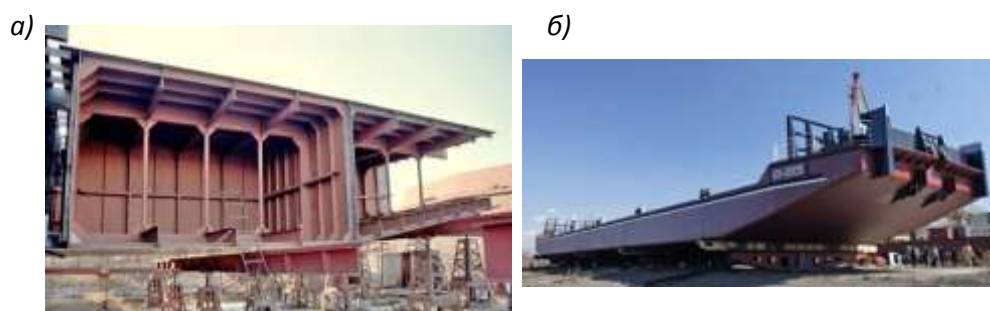


Рис. 19. Баржа-площадка пр. 82260 в постройке (а) и на стапеле (б)

Fig. 19. Barge-platform pr. 82260 in construction (a) and on the slipway (b)

4. Строительство сухогрузных судов нового поколения

С учетом интенсивного старения грузового флота, построенного в «советский» период, в настоящее время судоходные компании прилагают немалые усилия для продления их эксплуатации, заменяя изношенные конструкции в ходе судоремонта. Однако списание изношенных и возрастных судов неизбежно вследствие нерентабельности их восстановительного ремонта. Всего по данным МИБ [8] за последние три года было списано 92 судна внутреннего и смешанного («река-море») плавания. Перечень списанных за период с 2017 по 2019 гг. судов возглавляют «трехтысячники»: 16 судов типа «Сормовский» (пр. 1557), 16 судов типа «Волго-Балт» (пр. 2-95, 2-95A/R и 791), а также 14 судов типа «Нефтерудовоз» (пр. 1553 и 1570), восемь судов типа «Волго-Дон» (пр. 507 и 1565) и поставлены на утилизацию еще 17 судов.

В настоящее время в эксплуатации находится 132 судна наиболее востребованного типа «Волго-Дон» со средним возрастом 42 г. и в отстое – 31 судно в

возрасте 46 лет и более. В целом, по данным МИБ средний возраст грузовых судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания по состоянию на июнь 2017 г. выглядел следующим образом [5]:

- самоходных сухогрузных судов - 41,6 г.;
- несамоходных сухогрузных судов - 35,6 г.;
- самоходных наливных судов - 41,6 г.;
- несамоходных наливных судов - 33,8 г.;
- буксирного флота для обслуживания сухогрузных и наливных барж - 38,1 г.

По данным специалистов в 2019 г. в работоспособном состоянии находилось 879 сухогрузных судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания, построенных до 2000 г., со средним возрастом 37,6 г. В отстое находилось 151 судно со средним возрастом 41,2 г., которые потенциально подлежат списанию. Таким образом, можно ожидать, что в ближайшие годы в эксплуатации будет находиться 623 судна, а к 2025 г. останется 276 самоходных сухогрузных судов «советской» постройки (32% от сегодняшнего уровня).

Поэтому с учетом роста в последнее время объемов грузоперевозок из речных и устьевых портов появилась необходимость проектирования и строительства новых судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания. Активную позицию при проектировании и создании таких судов занимает МИБ [9] и по его оценкам для обеспечения грузоперевозок на внутренних водных путях России и прибрежных районах Азово-Черноморского бассейна в ближайшие 5 лет потребуются построить около 130-140 новых сухогрузных судов «Волго-Дон макс» класса (пр. RSD49, RSD44, RSD59, RSD62, RSD79, RSD32M), 60-80 новых сухогрузных барж и 20-30 буксиров-толкачей.

Общие технические тенденции при строительстве и модернизации сухогрузного флота смешанного плавания состоят в следующем [8]:

- по целевому назначению суда являются, как правило, универсальными, предназначенными для перевозки разнообразных грузов (в том числе крупногабаритных);
- грузоподъемность судов должна находиться в пределах от 1500 до 5000 т с учетом ограничений судоходных габаритов внутренних водных путей и размеров шлюзов;
- корпуса судов должны иметь ДД и ДБ в пределах грузовых трюмов;
- грузовые трюмы должны иметь коэффициент вертикальной проницаемостью около 100%, их количество не должно быть более двух (у модернизированных «старых» судов может быть три или четыре грузовых трюма);
- надстройка и МО должны иметь кормовое расположение;
- суда должны иметь минимальный надводный габарит, позволяющий прохождение под мостами без ожидания их разведения на ВВП;
- носовые подруливающие устройства должны обеспечивать управляемость в условиях извилистости ВВП.

Для замены устаревших судов типа «Волго-Дон» специалистами МИБ спроектировано многоцелевое сухогрузное судно с пониженным надводным бортом пр. RSD44, которое представляет собой самоходное судно смешанного («река-море») плавания «Волго-Дон макс» класса дедвейтом 5440 т, с двумя грузовыми трюмами, разделенными диптанком, с кормовой надстройкой и носовой рубкой. Судно предназначено для перевозки генеральных и навалочных грузов, включая контейнеры международного класса. Эскиз мидель-шпангоута (а) [9] и общий вид сухогрузного

теплохода пр. RSD44 в ходу (б) и кормовой оконечности на стапеле (в) приведены на рис. 19.

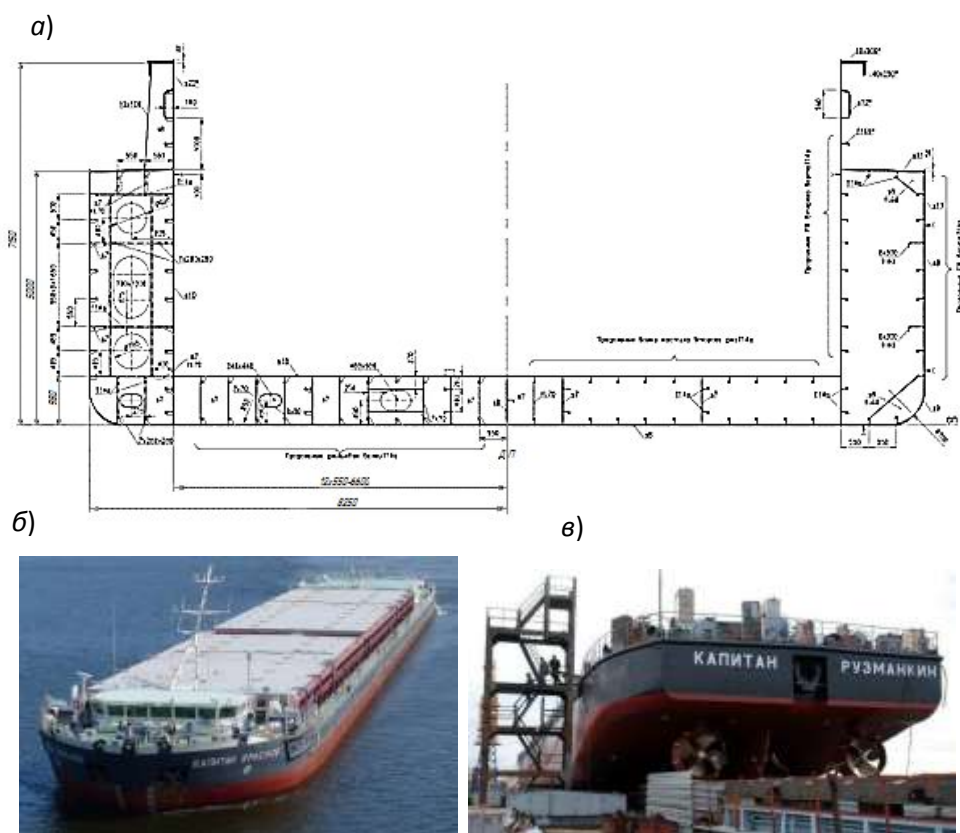


Рис. 19. Эскиз мидель-шпангоута (а) и общий вид сухогрузного теплохода пр. RSD 44 в ходу (б) и кормовой оконечности на стапеле (в)

Fig. 19. Sketch of the midship frame (a) and a general view of the dry cargo ship pr. RSD44 in motion (b) and the aft end on the slipway (c)

Судно построено на класс «❖ О-ПР2,0 (лед 20)А» РРР с продольной системой набора в средней части корпуса и поперечной – в оконечностях, главные размерения $L \times B \times H \times T$ = 138,9×16,5×5,0×3,6 м. Корпус выполнен из стали марки D ($R_{сН}=235$ МПа), комингс высотой 2,2 м из условий обеспечения общей прочности выполнен из стали повышенной прочности (СПП) марки $D40$ ($R_{сН}=390$ МПа). Габаритная надводная высота теплоходов пр. RSD 44 позволяет им проходить под невскими мостами и железнодорожным мостом Ростова-на-Дону без их разводки.

На основании анализа специалистами МИБ опыта эксплуатации существующих сухогрузных судов смешанного («река-море») и каботажного плавания [8] было выявлено, что при осадках около (3,4...3,6) м суда имеют недостаточную грузоподъемность, грузоместимость трюмов, износоустойчивость и долговечность основных связей корпуса при эксплуатации в морской воде. Поэтому для

оптимизации конструкции корпуса судов нового поколения смешанного («река-море») и ограниченного морского района плавания были определены следующие направления [9]:

- увеличение грузоподъемности за счет увеличения высоты сечения непрерывных продольных комингсов до (3,2...3,8) м при обеспечении достаточной для выбранного класса общей продольной прочности в соответствии с требованиями РРР [1] и МРС [2];

- проектирование «сверхполных» судов (с коэффициентом полноты объемного водоизмещения до величины $\delta = 0,932$) «Волго-Дон макс» класса с увеличенной цилиндрической вставкой для повышения их грузоподъемности при ограниченной осадке;

- проектирование бульбообразной носовой оконечности и санообразной транцевой кормовой оконечности;

- выбор класса ледового усиления Ice1 (лед 20...лед 30) у судов смешанного плавания, предназначенных для работы в зимний период в Азовском и Каспийском морях, класса Ice2 (лед 40) - для осуществления «северного завоза» и для работы в Балтийском море, Ice3 - для работы в Белом море;

- применение продольной системы набора в средней части корпуса, что в сочетании с уменьшением продольной шпации обеспечивает необходимую общую и местную прочность;

- назначение шпации из условия обеспечения устойчивости и прочности набора при минимальных толщинах связей и металлоемкости корпуса;

- назначение толщин связей корпуса из условия обеспечения износоустойчивости и долговечности судна в морских условиях;

- проектирование узлов соединения связей корпуса с обеспечением мероприятий по снижению концентрации напряжений;

- применение винто-рулевых колонок (ВРК), обеспечивающих требуемую управляемость и ходкость судна и позволяющих увеличить длину грузовых трюмов за счет уменьшения длины МО (примерно на 20%);

- применение составных самоходных судов-толкачей (или буксиров-толкачей) с баржами-приставками с целью снижения эксплуатационных расходов.

Схема мидель-шпангоута типового сухогрузного судна смешанного («река-море») плавания нового поколения, разработанного МИБ, приведена на рис. 20 [9].

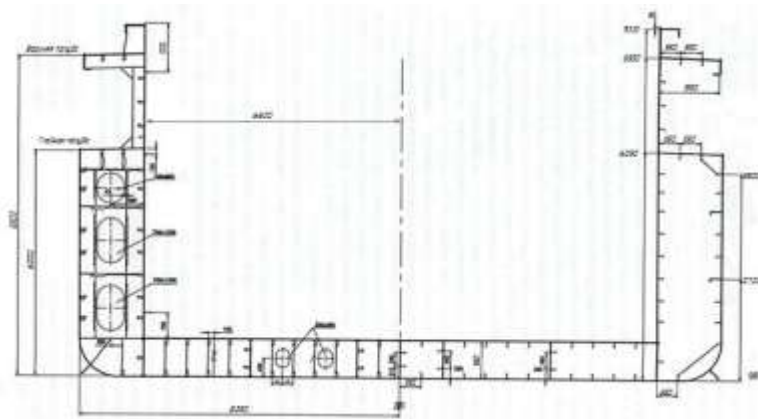



Рис. 20. Схема мидель-шпангоута типового сухогрузного судна смешанного («река-море») плавания нового поколения

Fig. 20. Diagram of the midship frame of a typical dry cargo vessel of mixed («river-sea») navigation of a new generation

Пример сухогрузного судна нового поколения со «сверхполными» обводами [10] типа «Пола Макария» (пр. RSD59) постройки 2018-2020 гг. с особенностями конструкции корпуса приведен на рис. 21. Теплоход представляет собой самоходное сухогрузное однопалубное судно с двумя грузовыми трюмами, двумя полноповоротными ВПК, морского и смешанного («река-море») плавания «Волго-Дон макс» класса.

Судно предназначено для перевозки генеральных и навалочных грузов, построено на класс КМ  Ice2 R2 AUT1-ICS CONT (deck, cargo holds Nos.1.2) DG (bulk, pack) MPC [2]. Грузовое пространство разделено на два трюма съемной поперечной переборкой, позволяющей обеспечить максимальную длину грузового трюма 77,35 м, что актуально при перевозке крупногабаритных грузов. Главные размерения судна $L \times B \times D \times d$ = 137,1×16,9×6,0×4,7/3,6 м, дедвейт в море/реке – 8140/5320 т.

За 19 лет XXI века по состоянию на начало 2020 г. судоходные компании получили 454 грузовых самоходных судна смешанного («река-море») для внутреннего и ограниченного морского района плавания. Т.е. флот строится, причем уже по новым, во многом, не имеющим аналогов в мире, проектам.



Рис. 21. Сухогрузный теплоход типа «Пола Макария» (пр. RSD59): в ходу (а), в постройке (б), носовая (в) и кормовая (г) оконечности на стапеле

Fig. 21. Dry cargo ship of the type «Pola Makaria» (pr. RSD59): in motion (a), in construction (b), bow (c) and stern (d) extremities on the slipway

Лидером отечественного судостроения на сегодня является Нижегородский завод «Красное Сормово», на котором в XXI веке построено более 100 сухогрузных и нефтеналивных судов нового поколения (в среднем по 5 - 6 судов в год) и который потенциально может строить до 12 - 15 судов «Волго-Дон макс» класса ежегодно. По оценке экспертов отечественные заводы могут строить до 25 - 35 судов такого типа ежегодно.

Заключение

В настоящей работе рассмотрены только некоторые аспекты проектирования конструкции корпуса отдельных типов современных грузовых судов-представителей XXI века в сравнении с судами старой, классической «советской» постройки судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания. Благодаря принятому правительством РФ в 2011 г. Закону о поддержке судоходства и судостроения в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 годы и утвержденной Правительством РФ стратегии развития внутреннего водного транспорта РФ на период до 2030 г. [11] была остановлена стремительная деградация речного флота, что дало толчок для развития проектирования и строительства судов нового поколения, которые востребованы для развития экономики страны [12-18].

В результате выполненного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Сухогрузные суда занимали важное место в системе грузоперевозок в XX веке и продолжают занимать его в настоящее время.

2. По мере выбывания устаревших судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания на российском рынке грузоперевозок в ближайшие годы будут востребованы самоходные и несамоходные сухогрузные, нефтеналивные и комбинированные суда «Волго-Дон макс» класса со «сверхполными» обводами корпуса разных проектов и модификаций, соответствующие габаритам Волго-Донского судоходного канала (ВДСК) и предназначенные для замены классических серий судов типа «Волго-Дон».

3. Основные требования Речного и Морского Регистров [1, 2] по проектированию связей рамного и холостого набора, разработанные корабельщиками в XX веке и подтвердившие надежность и работоспособность спроектированных корпусных конструкций, сохраняются и при проектировании современных судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания.

3. Маловодность внутренних водных путей существенно влияет на формирование грузовых потоков и на финансовый результат работы судоходных компаний. Поэтому актуальной становится задача поддержания оптимальной глубины судового хода единой глубоководной системы страны.

Список литературы

1. Российский Речной Регистр. Правила. (в 5-и томах) Т.2. – М. : Изд-во «УП ПРИНТ», 2019. – 432 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. II. Корпус / Российский морской регистр судоходства. – СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2019. – 275 с.
3. Борисов, А.М. Сравнительный анализ требований правил российского морского регистра судоходства и правил российского речного регистра к конструкции и прочности судов смешанного плавания классов «R3-RSN» и «М-СП 3,5» / А.М. Борисов, К.Н. Пряничников, С.Н. Гирич. – Вестник ВГАВТ. Вып. 59. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019. – С.27-41.
4. Борисов А.М. Анализ корпусных конструкций современных наливных судов-представителей // Великие реки 2020: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2020. – URL: http://вф-река-море.рф/2020/PDF/2_3.pdf.
5. Егоров, Г.В. Суда смешанного река-море плавания и внутреннего плавания: роль «старых» серий судов и их перспективы / Г.В. Егоров, А.Г. Егоров. – Морская Биржа, 2017. – №1 (59) – С. 18-30.
6. Протопопов, В.Б. Конструкция корпуса судов внутреннего и смешанного плавания : учебник / В.Б. Протопопов, О.И. Свечников, Н.М. Егоров. – Л.: Судостроение, 1984. – 376 с.
7. Российский Речной Регистр. Рекомендации Р.019-2007. Конструкция стальных корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания. Рекомендации Р.020-2007. Конструкция

- корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания из легких сплавов. – М. : Изд-во «МАИ», 2007. – С. 5-64.
8. Егоров Г.В. Суда смешанного река-море плавания и внутреннего плавания: роль «старых» серий судов и их перспективы / Г.В. Егоров, А.Г. Егоров // Морская Биржа. - 2017. - №1 (59) – С. 18-30.
9. Егоров, Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб. : Судостроение, 2007. – 384 с.
10. Егоров, Г.В. Массовое строительство «сверхполных» грузовых судов смешанного река-море плавания / Г.В. Егоров, Н.В. Шабликов. – Морская Биржа, 2016. – № 3 (57) – С.20-31.
11. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.02.2016 г. № 327-р. // <http://www.docs.cntd.ru/document/420339372>.
12. White Paper on the Progress, Accomplishments and Future of Sustainable Inland Water Transport/ United Nations. – Geneva, January 2020 – 2512020. – 251 – ECE/TRANS/279. 99 p. Available at: <http://www.unece.org>.
13. Egorov G.V., Tonyuk V.I., Durnev E.Yu. Concept of river-sea combined vessel for carriage of oil products and dry cargoes // Proc. of the 17th Intern. Congress of IMAM (IMAM 2017) "Maritime Transportation and Harvesting of Sea Resources". – Lisbon, Portugal, 2017. – P. 817-823.
14. M. Collette, Z. Zhan, L. Zhu, V. Zanic, T. Okada, T. Arima, R. Skjong, H.K. Jeong, G. Egorov. Design Principles and Criteria. Report of Committee IV.1 // Proc. of 20th ISSC -2018. - Liege (Belgium) & Amsterdam (The Netherlands), 2018. - Vol. 1 (Edited by M.L. Kaminski and P. Rigo). - P. 549-607.
15. V.A. Nilva. Application of unified dimensionless factors for estimation of residual overall strength of river-sea vessel's hull // Proc. of Fourteenth Intern. Conf. on marine sciences and technologies (Black Sea' 2018). - Varna (Bulgaria). - 2018. – 50-55 p.
16. F. Davydov, A.V. Pechenyuk. On the forebody shape effect on ship resistance in still water and seaway // Proc. of Fourteenth Intern. Conf. on marine sciences and technologies (Black Sea' 2018). - Varna (Bulgaria). - 2018. – 89-94 p.
17. O.G. Egorova. Research of influence of restricted area navigation classes on metal consumption of river-sea vessel // Proc. of Fourteenth Intern. Conf. on marine sciences and technologies (Black Sea' 2018). - Varna (Bulgaria). - 2018. – 45-49 p.
18. G.V. Egorov, A.G. Egorov. Forecast of river-sea vessels' fleet structure till 2025 with definition of the most demanded types of vessels // Proc. of Fourteenth Intern. Conf. on marine sciences and technologies (Black Sea' 2018). - Varna (Bulgaria). - 2018. – 33-38 p.

References

1. Rossijskij Rečnoj Registr. Pravila. (v 5-i tomakh) T.2. – М. : Izd-vo ООО «UP PRINT», 2019. – 432 s.
2. Pravila klassifikacii i postrojki morskikh sudov. CH. II. Korpus / Rossijskij morskoy registr sudokhodstva. – SPb. : Rossijskij morskoy registr sudokhodstva, 2019. – 275 s.
3. Borisov, A.M. Sravnitel'nyj analiz trebovanij pravil rossijskogo morskogo registra sudokhodstva i pravil rossijskogo rechnogo registra k konstrukcii i prochnosti sudov smeshannogo plavaniya klassov «R3-RSN» i «M-SP 3,5» / A.M. Borisov, K.N. Pryanichnikov, S.N. Girin. – Vestnik VGAVT. Vyp. 59. – N. Novgorod: Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2019. – S.27-41.
4. Borisov A.M. Analiz korpusnykh konstrukcij sovremennykh nalivnykh sudov-predstavitelej. // Velikie reki 2020: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoj konferencii. FGBOU VO «VGUVT». – 2020. – URL: http://vf-reka-more.rf/2020/PDF/2_3.pdf.
5. Egorov, G.V. Suda smeshannogo reka-more plavaniya i vnutrennego plavaniya: rol' «starykh» serij sudov i ikh perspektivy / G.V. Egorov, A.G. Egorov. – Morskaya Birzha, 2017. – №1 (59) – S. 18-30.
6. Protopopov, V.B. Konstrukciya korpusa sudov vnutrennego i smeshannogo plavaniya : uchebnik / V.B. Protopopov, O.I. Svechnikov, N.M. Egorov. – L.: Sudostroenie, 1984. – 376 s.
7. Rossijskij Rečnoj Registr. Rekomendacii R.019-2007. Konstrukciya stal'nykh korpusov sudov vnutrennego i smeshannogo (reka-more) plavaniya. Rekomendacii R.020-2007. Konstrukciya korpusov sudov vnutrennego i smeshannogo (reka-more) plavaniya iz legkikh spлавov. – М. : Izd-vo «МАИ», 2007. – S. 5-64.

8. Egorov G.V. Suda smeshannogo reka-more plavaniya i vnutrennego plavaniya: rol' «staryKH» serij sudov i ikh perspektivy / G.V. Egorov, A.G. Egorov // Morskaya Birzha. - 2017. - N1 (59) – S. 18-30.
9. Egorov, G.V. Proektirovanie sudov ogranichennykh rajonov plavaniya na osnovanii teorii riska. – SPb. : Sudostroenie, 2007. – 384 s.
10. Egorov, G.V. Massovoe stroitel'stvo «sverkhpolnyKH» gruzovykh sudov smeshannogo reka-more plavaniya / G.V. Egorov, N.V. Shablikov. – Morskaya Birzha, 2016. – № 3 (57) – S.20-31.
11. Strategiya razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29.02.2016 g. № 327-r. //http://www.docs.cntd.ru/document/420339372.
12. White Paper on the Progress, Accomplishments and Future of Sustainable Inland Water Transport/ United Nations. – Geneva, January 2020 – 2512020. – 251 – ECE/TRANS/279. 99 p. Available at: <http://www.unece.org>.
13. Egorov G.V., Tonyuk V.I., Durnev E.Yu. Concept of river-sea combined vessel for carriage of oil products and dry cargoes // Proc. of the 17th Intern. Congress of IMAM (IMAM 2017) "Maritime Transportation and Harvesting of Sea Resources". – Lisbon, Portugal, 2017. – P. 817-823.
14. M. Collette, Z. Zhan, L. Zhu, V. Zanic, T. Okada, T. Arima, R. Skjong, H.K. Jeong, G. Egorov. Design Principles and Criteria. Report of Committee IV.1 // Proc. of 20th ISSC -2018. - Liege (Belgium) & Amsterdam (The Netherlands), 2018. - Vol. 1 (Edited by M.L. Kaminski and P. Rigo). - P. 549-607.
15. V.A. Nilva. Application of unified dimensionless factors for estimation of residual overall strength of river-sea vessel's hull // Proc. of Fourteenth Intern. Conf. on marine sciences and technologies (Black Sea' 2018). - Varna (Bulgaria). - 2018. – 50-55 p.
16. F. Davydov, A.V. Pechenyuk. On the forebody shape effect on ship resistance in still water and seaway // Proc. of Fourteenth Intern. Conf. on marine sciences and technologies (Black Sea' 2018). - Varna (Bulgaria). - 2018. – 89-94 p.
17. O.G. Egorova. Research of influence of restricted area navigation classes on metal consumption of river-sea vessel // Proc. of Fourteenth Intern. Conf. on marine sciences and technologies (Black Sea' 2018). - Varna (Bulgaria). - 2018. – 45-49 p.
18. G.V. Egorov, A.G. Egorov. Forecast of river-sea vessels' fleet structure till 2025 with definition of the most demanded types of vessels // Proc. of Fourteenth Intern. Conf. on marine sciences and technologies (Black Sea' 2018). - Varna (Bulgaria). - 2018. – 33-38 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Борисов Александр Михайлович, к.т.н.,
доцент, доцент кафедры теории
конструирования инженерных сооружений,
Волжский государственный университет
водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,
e-mail: bam.nnov@mail.ru

Alexander M. Borisov, Ph.D. in Engineering
Science, Associate Professor of the Department of
Theory of Engineering Constructions, Volga State
University of Water Transport, 5, Nesterov st,
Nizhny Novgorod, 603951,
e-mail: bam.nnov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.10.2021; опубликована онлайн 20.12.2021.
Received 22.10.2021; published online 20.12.2021.