



УДК 629.5.081.326.012/ .015.4

**Борисов Александр Михайлович**, доцент, к.т.н., доцент кафедры теории конструирования инженерных сооружений  
Волжский государственный университет водного транспорта  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

### АНАЛИЗ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ НАЛИВНЫХ СУДОВ-ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

*Аннотация.* Приводятся результаты анализа проектирования корпусных конструкций современных наливных судов-представителей внутреннего и смешанного («река-море») плавания в сравнении с классическими судами постройки XX века. Рассматриваются особенности корпусных конструкций, приводятся рекомендации по проектированию основных связей корпуса в соответствии с требованиями Российского Речного Регистра (РРР). Отмечено, что с учетом сложившихся грузопотоков на водном транспорте корпуса некоторых грузовых судов внутреннего плавания ранней постройки подвергаются модернизации для эксплуатации в прибрежных морских районах и переоборудованию для перевозки разного рода грузов. Показано, что с учетом старения флота в современных условиях значительная роль отводится строительству новых «сверхполных» и универсальных судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания для увеличения их грузоподъемности и способности перевозить различные грузы.

*Ключевые слова:* нефтеналивное судно, танкер, сухогрузный теплоход, баржа, Российский морской регистр судоходства, Российский Речной Регистр, Морской Регистр Судоходства, класс судна, нефтепродукты, перевозимые грузы, суда внутреннего и смешанного («река-море») плавания, конструкция корпуса, модернизация и переоборудование судна, старение флота, рамный и холостой шпангоут, «сверхполный» корпус судна.

#### **Введение.**

В нашей стране 50-е – 80-е годы XX века явились «золотым» периодом для судостроителей, в течение которого было построено большое количество самоходных и несамоходных судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания разных проектов и различного назначения.

Период начала строительства судов смешанного («река-море») плавания относится к середине шестидесятых годов XX века при создании единой глубоководной системы в европейской части страны, позволившей соединить каналами внутренние водные пути (ВВП) с Балтийским, Северным, Белым, Черным, Каспийским и Средиземным морями. С развитием флота и кораблестроительной науки совершенствовались Правила Российского Речного Регистра (РРР) [1] и Российского морского регистра судоходства (МРС) [2], устанавливающие требования к проектированию корпусов судов.

Сопоставительный анализ требований Правил МРС и РРР к конструкции и прочности корпусов грузовых судов смешанного плавания классов «R3-RSN» и «M-СП 3,5», близких по условиям эксплуатации, приведен в работе [3] и в работах других авторов.

В составе отечественного водного транспорта в 1980 г. было на учете около 48,0 тыс. судов (средний возраст 14,9 г.), к 1990 г. в результате децентрализации управления произошло сокращение флота до 44,6 тыс. судов (18,9 г.), к 2000 г. – до 32,3 тыс. судов (24,5 г.), к 2015 г. – до 22,7 тыс. судов (33,2 г.) [4]. Таким образом, фактически за 35 лет количество судов уменьшилось почти в два раза, а средний возраст судов вырос практически в два раза. При этом после распада СССР ежегодно списывалось и утилизировалось от 800 до 1000 судов.

На начало 2020 г. по данным Морского инженерного бюро (МИБ) в эксплуатации находится примерно 1,56 тыс. грузовых судов внутреннего (СВП), смешанного (ССП) и ограниченного морского района плавания (СОПП), из них судов «советской» постройки до 2000 г. – 71%, остальные 29% судов построены в XXI веке. Всего среди построенных судов: 221 сухогрузное судно и 233 танкера и комбинированных судна. В постройке на разных стадиях находятся еще 71 судно, в том числе 59 сухогрузов и 12 танкеров.

При всем многообразии судов в настоящей работе приводятся результаты анализа и особенности конструкции корпуса современных самоходных и несамоходных нефтеналивных судов-представителей внутреннего и смешанного («река-море») плавания в сравнении с классическими аналогичными судами ранней постройки, в том числе при их модернизации и реклассификации для эксплуатации в морских районах плавания и при переоборудовании для перевозки разного рода грузов.

### 1. Нефтеналивные танкеры.

С 1963 г. было начато строительство самой массовой серии нефтеналивных судов – танкеров типа «Волгонефть» (пр.550/558, 550А/1577) грузоподъемностью около 5000 т, спроектированных на класс «М» РРР [1]. Танкеры указанных проектов имеют практически одинаковую конструкцию корпуса с главными размерениями  $L \times B \times H \times T = 128,6 \times 16,5 \times 5,5 \times 3,5$  м. Проекты незначительно отличаются друг от друга (в основном конструкцией надстройки), строительство судов велось в Болгарии и в России.

Корпус судна гладкопалубный, выполнен из стали повышенной прочности (СПП) марки 09Г2 ( $R_{eH} = 315$  МПа). с двойным дном (ДД) по всей ширине судна и двойным бортом (ДБ) в районе грузовых трюмов. Для облегчения зачистки танков ДД выполнено с наклоном к ДП. Система набора принята смешанной в средней части корпуса (система Шиманского) и поперечной – в МО и оконечностях. Такая система набора с чередующимися рамными и холостыми шпангоутами по опыту эксплуатации судов длиной более 70 м обеспечивает достаточную надежность и долговечность корпусов СВП и ССП и широко применяется при проектировании современных судов. Шпация, как у большинства судов ранней постройки, принята 600 мм в средней части корпуса и от 400 до 500 мм – в оконечностях.

Переборки у большинства наливных судов для облегчения зачистки (иногда и вторые борта) в грузовых трюмах выполняются гофрированными. Эскиз рамного шпангоута [5] и внешний вид танкера типа «Волгонефть» приведены на рис. 1.

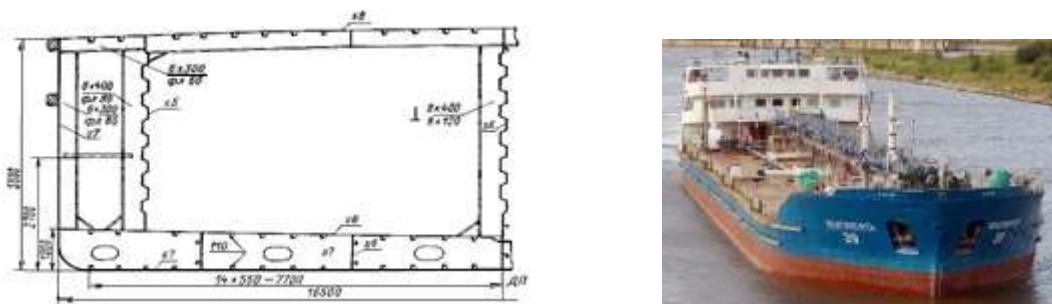


Рис.1. Эскиз рамного шпангоута [5] и внешний вид танкера типа «Волгонефть» (пр.550А/1577)

При перевозке сырой нефти с высоким содержанием серы вследствие значительного износа палубы («газовый пояс») проектная толщина настила (8 мм) оказалась недостаточной для обеспечения прочности судна. Поэтому при эксплуатации танкеров в ходе судоремонта приходилось заменять изношенные металлоконструкции и выполнять дополнительные подкрепления корпуса. Неудачно при отсутствии кильсона выполнен узел соединения второго борта с ДД. У судов более современной постройки этот недостаток был исправлен.

В 90-е гг. с учетом возросшей потребности выхода в прибрежные морские районы перевозки грузов отдельные суда были реклассифицированы на класс смешанного («река-море») плавания («М-ПР» и «М-СП» РРР). Для обеспечения прочности некоторые суда были укорочены, выполнено усиление корпуса (устанавливались накладные полосы по палубе и днищу, а также дополнительный рамный набор поверх холостого и пр.).

При совершении международных рейсов в соответствии с требованием международной конвенции (МК) по предотвращению загрязнения МАРПОЛ 73/78 (Правило 19) высота ДД танкеров типа «Волгонефть» и большинства других танкеров (например, типа «Ленанефть» пр.621 и др.) оказалась недостаточной и ее пришлось увеличить до величины В/15. Так, для танкеров типа «Волгонефть» высота ДД была увеличена на 300 мм (до 1100 мм в ДП).

Проектные толщины основных связей танкеров типа «Волгонефть» могли обеспечивать примерно 20-ти летнюю эксплуатацию судна без ремонта в классе «М» (в речных условиях без выхода в море). При повышении класса судна до «М-ПР» РРР с выходом в море значительная часть связей корпуса в результате повышенного коррозионного износа имела пониженный ресурс – (10...20) лет, а при эксплуатации в классе «М-СП» многие суда могли эксплуатироваться без ремонта не более (5...10) лет.

В ходе модернизации на судах было установлено более совершенное оборудование трюмов и высокий бак в носовой оконечности, а также надстройка более современной формы. Большинство модернизированных судов типа «Волгонефть» продолжают успешно эксплуатироваться. По данным МИБ в настоящее время на смешанных («река-море») перевозках находятся в эксплуатации: 151 судно типа «Волгонефть» со средним возрастом 42 г., 86 судов типа «Ленанефть» со средним возрастом 33 г. и др. В отстой находятся 15 танкеров со средним возрастом 42 г., скорее всего подлежащие утилизации.

В составе речного флота также имеется большое количество мелкосидящих речных танкеров с вкладными цистернами грузоподъемностью от 250 т (пр.Р135) до 600 т (пр.866М) для доставки нефтепродуктов малым предприятиям с заходом на боковые реки с небольшими глубинами. Эскиз рамного шпангоута [5] и внешний вид танкера пр.866М с главными размерениями  $L \times B \times H \times T = 62 \times 9,2 \times 2,8 \times 1,96$  м, построенного на класс «О» РРР, приведены на рис.2.

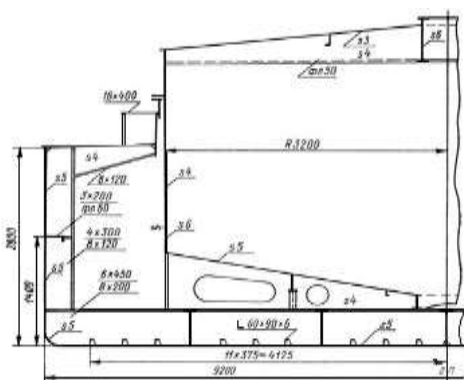


Рис.2. Эскиз рамного шпангоута [5] и внешний вид мелкосидящего танкера пр.866 М

В средней части корпуса принята смешанная система набора (система Шиманского), в МО и оконечностях – поперечная. Груз размещается в пяти вкладных цистернах (баках) вместимостью по 140 м<sup>3</sup> каждый. При установке погружных насосов в баках возможна перевозка в одном рейсе разных видов нефтепродуктов, что актуально для небольших потребителей. Корпус выполнен без ДД и ДБ, поскольку в соответствии с требованиями РРР [1] для таких судов при перевозке нефтепродуктов цистерны должны быть вкладными или встроенными. При износе или повреждении вкладных цистерн они легко заменяются. Мелкосидящие танкеры востребованы судовладельцами и продолжают активно эксплуатироваться и в настоящее время.

В связи с изменениями в формировании грузопотоков и возрастании потребности в перевозке нефтепродуктов некоторые сухогрузные суда в 2000-е гг. переоборудовались в наливные и наоборот. Так, в 2000-2003 гг. девять судов типа «Волжский» (пр.05074) класса «О-ПР» и «М-СП» с главными размерениями  $L \times B \times H \times T = 136 \times 16,5 \times 5,5 \times 3,5$  м и грузоподъемностью 5000 т были переоборудованы в нефтеналивные суда типа «Волга-Флот» (пр.05074Т). При этом было выполнено усиление днища с установкой накладных полос, установлена продольная переборка в ДП, настил палубы и поперечные переборки, делящие грузовой отсек на восемь танков (рис.3).

Схемы мидель-шпангоутов сухогрузного теплохода типа «Волжский» (пр.05074М) до (а) и после модернизации (б, в) приведены на рис.3 [7].

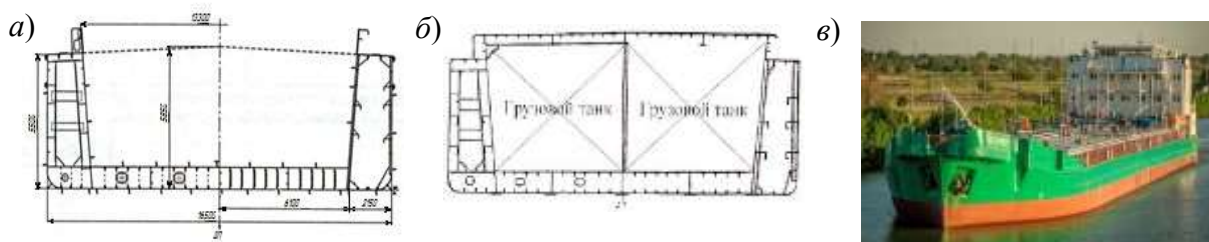


Рис.3. Схемы мидель-шпангоутов сухогрузного теплохода типа «Волжский» (пр.05074М) до модернизации (а) и после модернизации (б и в) при переоборудовании в танкер типа «Волга-Флот» (пр.05074Т)

В 2002-2003 гг. часть судов-площадок типа «Окский» (пр.559Б и пр.Р97), имеющих схожую конструкцию, также были переоборудованы из сухогрузных в нефтеналивные танкеры (рис.4) класса «О» РРР: пр.559Т с главными размерениями  $L \times B \times H \times T = 79,8 \times 15 \times 2,8 \times 2,38$  м грузоподъемностью 1730 т (рис.5, а) и пр.Р97Т грузоподъемностью 1900 т с главными размерениями  $L \times B \times H \times T = 90 \times 15 \times 2,8 \times 2,38$  м и двухъярусной надстройкой (рис.5, б).

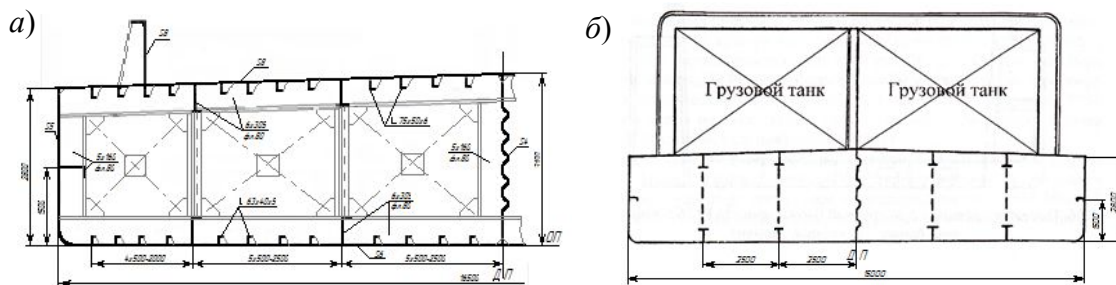


Рис.4. Эскиз поперечного сечения корпуса теплохода типа «Окский» (пр.559Б): а – до переоборудования; б – схема переоборудования корпуса в танкер

У судов-площадок для обеспечения прочности палубного перекрытия, несущего основную нагрузку, в ДП установлена продольная переборка, а в плоскости кильсонов и карлингсов – продольные раскосные или безраскосные фермы или продольные переборки. Рамные шпангоуты установлены через две шпации (1,2 м). 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.

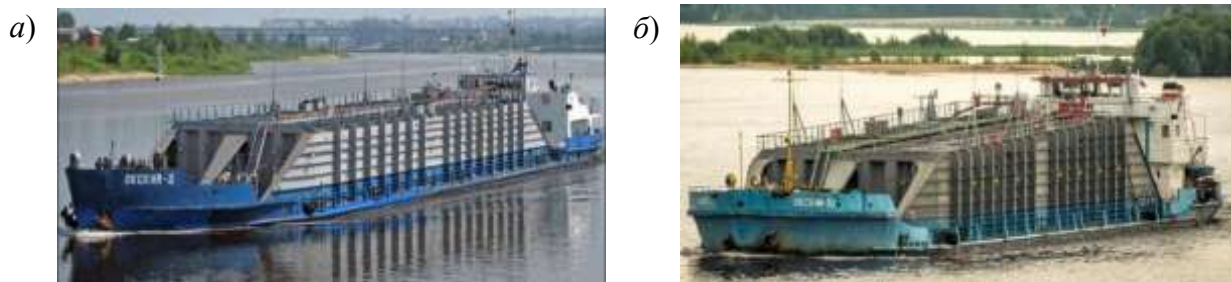


Рис.5. Общий вид теплоходов типа «Окский», переоборудованных в танкер:  
а - пр.559Т; б - пр.Р97Т

При переоборудовании сухогрузного теплохода-площадки типа «Окский» в нефтеналивной танкер на главной палубе устанавливался грузовой бункер с наружной продольной системой набора, разделенный продольной переборкой в ДП и поперечными переборками на грузовые танки.

Однако, вследствие изменения грузопотоков часть переоборудованных танкеров типа «Волга-Флот» (пр.05074Т) и типа «Окский» (пр.559Т и пр.Р97Т) в 2019 г. вновь были переоборудованы в сухогрузные теплоходы с демонтажем установленных при переоборудовании в танкер конструкций (рис.3, а и рис.4, а соответственно).

## **2. Несамходные наливные суда (баржи).**

Кроме самоходных судов в составе отечественного флота имеется большая группа грузовых несамходных судов (барж). 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 несамходных судов в пункт назначения. При этом экономичнее используется судовая энергетическая установка за счет сокращения простоев, что особенно актуально для судов внутреннего плавания с ограниченным навигационным периодом эксплуатации.

Основным материалом корпуса для самоходных и несамходных СВП и ССП по-прежнему является обычная углеродистая сталь нормальной прочности с пределом текучести  $R_{eH} = 235$  МПа. Марка (категория) стали назначается также в зависимости от категории ледового усиления судна. Для особо нагруженных связей корпуса применяется сталь повышенной прочности с пределом текучести до 390 МПа.

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 несамходных грузовых судов. Для восприятия значительных контактных усилий взаимодействия в месте сцепления судов в носовой оконечности толкача и в кормовой оконечности толкаемой баржи устанавливаются упорные и сцепные конструкции. 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 (рис.6 [5]). Такая конструкция усиления оконечностей судов применяется и в настоящее время для сухогрузных и нефтеналивных ББС.

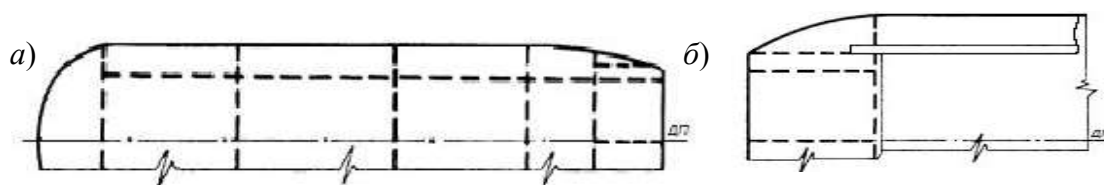


Рис.6: Схема конструкции подкреплений толкача (а) и толкаемого судна (б) ББС [5]

С 1964 г. велась серийная постройка нефтеналивных барж типа «Бельская» (пр.Р27) на класс «Р» РРР грузоподъемностью 3000 т (4600 т), главные размерения  $L \times B \times H \times T = 110 \times 20 \times 2,85 \times 1,8$  (2,6) м. Эскиз рамного шпангоута [5] и общий вид баржи приведены на рис.7.

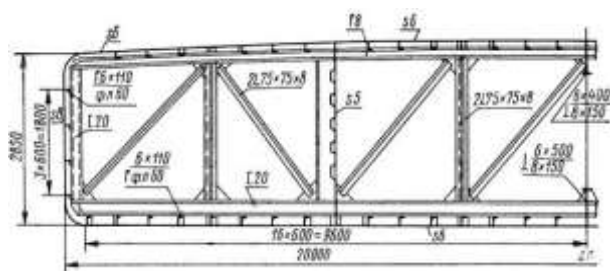


Рис.7. Эскиз рамного шпангоута [5] и внешний вид нефтеналивной баржи типа «Бельская» (пр.Р27)

Корпус барж пр.Р27 выполнен по продольной системе набора без ДД и ДБ, характеризуется высокой технологичностью с применением навесной конструкции набора и двух гофрированных продольных переборок, расположенных симметрично от ДП. Жесткость корпуса обеспечена установкой поперечных раскосных ферм.

Связь рамного набора с обшивкой осуществлялась за счет установки проставок. Однако, по концам проставок в соединении навесных флоров с наружной обшивкой образовывались многочисленные трещины, приводящие к водотечности днища. При судоремонте в этих местах приходилось устанавливать до 150 дублеров на одно судно. Кроме того, неудачное окончание продольных ребер жесткости днища и палубы у поперечных переборок с учетом интенсивного износа настила палубы в районе «газового пояса» приводило к переломам барж, как при прогибе, так и при перегибе корпуса. В результате интенсивного износа, особенно при перевозке сернистых нефтепродуктов, настил палубы приходилось менять через (5...7) лет эксплуатации на площади до 1500 м<sup>2</sup>.

В настоящее время при перевозке нефтепродуктов отсутствие ДД и ДБ является основным препятствием для дальнейшей эксплуатации барж пр.Р27 и они массово утилизируются.

С 1973 г. было развернуто строительство нефтеналивных барж с ДД и ДБ типа «Наливная» (пр.Р43) на класс «О» РРР грузоподъемностью 9200 т, с главными размерениями  $L \times B \times H \times T = 113 \times 27 \times 5,2 \times 4,0$  м. Эскиз рамного шпангоута [5] и внешний вид баржи пр.Р43 приведены на рис.8.

Корпус баржи выполнен по смешанной системе набора (система Шиманского) в средней части и поперечной – в оконечностях. Продольные переборки и внутренний борт выполнены гофрированными, в ДБ применена диафрагменная конструкция.

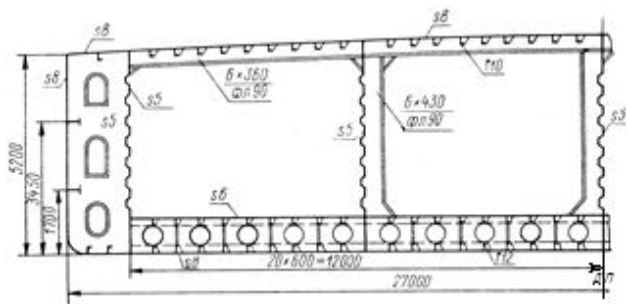


Рис.8. Эскиз рамного шпангоута и внешний вид нефтеналивной баржи типа «Наливная» (пр.Р43)

В результате эксплуатации судов при относительно небольших толщинах рамного и холостого набора палубы (6 мм) в районе «газового пояса» при перевозке сернистых нефтепродуктов происходит ослабление палубного пояса эквивалентного бруса (ЭБ) и возникают проблемы с обеспечением общей продольной прочности корпуса. Неудачным, на наш взгляд, является отсутствие карлингсов в палубном перекрытии при больших пролетах рамного бимса (6 м). В условиях маловодности рек в последнее время баржи эксплуатируются с недогрузом и с меньшей осадкой.

В период с 1995 по 2002 гг. часть сухогрузных барж пр.Р156 класса «О (лед)» РРР с главными размерениями секции  $L \times B \times H \times T = 112(113,4) \times 14,0 \times 5,0 \times 3,7$  м (в скобках указана длина концевой секции) были переоборудованы в нефтеналивные (пр.Р156СТ) грузоподъемностью 4100 т каждой секции (общая грузоподъемность двухсекционного состава  $Q = 8200$  т). 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 с продольной системой набора аналогично переоборудованию в танкеры сухогрузных теплоходов типа «Волжский» (см. рис.3). Большинство судов этого проекта до настоящего времени находятся в эксплуатации. В последнее время с учетом потребности некоторые из переоборудованных в наливные баржи вновь переоборудуются в сухогрузные.

Для повышения технологичности и уменьшения трудоемкости при изготовлении корпуса в 80-е годы стали применяться модульные конструкции с использованием модуль-панелей и модуль-секций. При этом балки холостого набора направлены вдоль длинной кромки листов наружной обшивки днища, борта и палубы, укладываемых вдоль судна и, таким образом, весь корпус в районе цилиндрической части выполняется с продольной системой набора. С упрощенными санообразными обводами оконечностей весь корпус может выполняться по продольной системе набора. В качестве примера на рис.9 [5] приведен эскиз рамного шпангоута баржи-площадки грузоподъемностью 1000 т при модульной постройке корпуса (а) и конструкция модуль-панели (б).

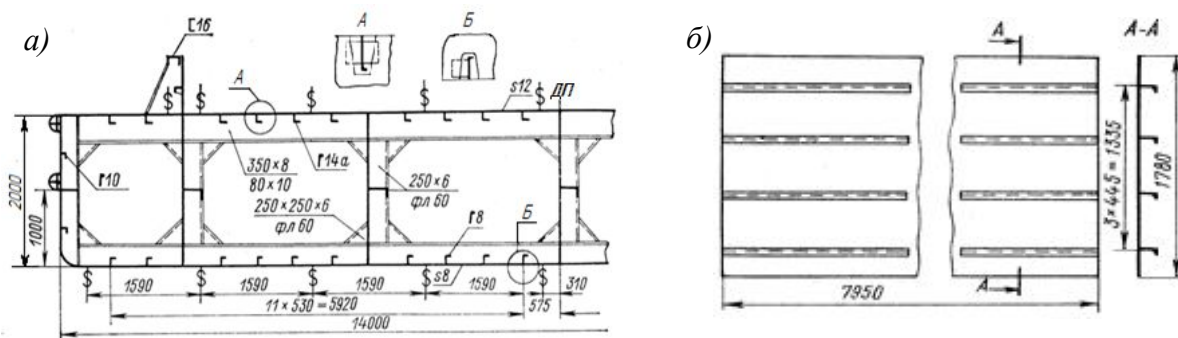


Рис.9: Эскиз рамного шпангоута баржи-площадки при модульной постройке корпуса (а) и пример конструкция модуль-панели (б) [5]

Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов

Модульная конструкция корпуса применяется при постройке барж-площадок и наливных судов и в настоящее время.

### **3. Наливные суда нового поколения**

По данным МИБ [4] по состоянию на июнь 2017 г. средний возраст наливных СВП и ССП составлял: у самоходных наливных судов – 41,6 г.; у несамоходных наливных судов – 33,8 г.; у буксиров-толкачей для обслуживания ББС – 38,1 г.

Так, по прогнозу специалистов МИБ [4] в 2020 г. смогут эксплуатироваться 212 танкеров, а в 2025 г. – около 86 танкеров классических серий, построенных до 2000 г. (28% от сегодняшнего уровня). С учетом значительного возраста наливных судов и нерентабельности судоремонта для поддержания их технического состояния возрастает риск возникновения неоправданных техногенных аварий и губительных катастроф для природы и человечества. Таким образом, для сохранения водным транспортом грузоперевозок нефтепродуктов необходимо строить новые надежные и экологически безопасные суда взамен утилизированных.

Благодаря принятому правительством РФ в 2011 г. закону о поддержке судоходства и судостроения в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 гг. была остановлена стремительная деградация речного флота, что дало толчок для развития проектирования и строительства судов нового поколения СВП и ССП, которые с учетом роста в последнее время объемов грузоперевозок из речных и устьевых портов востребованы для развития экономики страны.

На основании опыта эксплуатации судов Правила РРР [1] и МРС [2] постоянно совершенствуются и устанавливают требования к проектированию конструкции корпуса с целью обеспечения прочности, надежности, долговечности и эксплуатационной приспособленности СВП и ССП.

Активную позицию при проектировании и создании судов нового поколения занимает Морское инженерное бюро (МИБ) и по его оценкам общие технические тенденции при строительстве новых судов и модернизации существующего наливного флота смешанного плавания состоят в следующем [7]:

- по целевому назначению суда должны быть, как правило, универсальными, предназначенными для перевозки разнообразных наливных грузов (светлых, тяжелых нефтепродуктов, масел и пр.), а также навалочных и тарно-штучных грузов в обратном рейсе;
- грузоподъемность судов принимается в пределах (5000...8000) т с учетом ограничений судоходных габаритов ВВП и размеров шлюзов;
- корпуса судов строятся с ДД и ДБ в пределах грузовых трюмов (танков) или цистерны должны быть вкладными или встроенными;
- принимается преимущественно кормовое расположение МО и палубной надстройки с надводным габаритом судна, позволяющим избежать потери ходового времени в ожидании разводки мостов на ВВП;
- суда оснащаются подруливающими устройствами для обеспечения управляемости в условиях извилистости судового хода ВВП.
- увеличение грузоподъемности за счет увеличения высоты сечения непрерывных надпалубных конструкций (тронка) при обеспечении достаточной для выбранного класса прочности и остойчивости в соответствии с требованиями РРР [1] и МРС [2];
- проектирование «сверхполных» судов (до величины коэффициента объемного водоизмещения 0,932) «Волго-Дон макс» класса с увеличенной цилиндрической вставкой для повышения грузоподъемности при ограниченной осадке (особенно в речных условиях);
- проектирование санообразной транцевой кормовой оконечности для снижения трудоемкости изготовления;
- выбор класса ледового усиления Ice1 (лед 20 или лед 30) у ССП, предназначенных для работы в зимний период в Азовском и Каспийском морях, класса Ice2 (лед 40) – для



осуществления «северного завоза», Ice2 – для работы в Балтийском море, Ice3 – для работы в Белом море;

- применение продольной системы набора корпуса в средней части, что в сочетании с увеличением рамной шпации и одновременном уменьшении продольной шпации холостого набора 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 износостойчивости и долговечности судна в морских условиях;
- проектирование узлов пересечения и соединения связей корпуса с соблюдением мероприятий по снижению концентрации напряжений;
- для снижения влияния «газового пояса» в грузовых танках располагать набор верхней палубы и тронка нефтеналивных судов с наружной стороны;
- 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%);
- за счет рационального распределения балластных и сухих отсеков в ДД и ДБ танкеров обеспечивать выполнение требования Правила 25А МК МАРПОЛ 73/78 при установке отбойной переборки вместо продольной переборки в ДП для уменьшения металлоемкости и трудоемкости постройки;
- применение составных самоходных судов-толкачей (или буксиров-толкачей) с баржами-приставками с целью снижения эксплуатационных расходов.

Суда нового поколения после 2000 г. в большинстве своем строились по проектам, разработанным МИБ – 173 судна (56%), Волго-Каспийского бюро (КБ завода «Красное Сормово») – 59 судов (19%) и ЦКБ «Вымпел» – 25 судов (8%).

Схема разработанного специалистами МИБ мидель-шпангоута типового нефтеналивного танкера смешанного («река-море») плавания нового поколения с тронковой палубой, наружным расположением палубного набора и с установленной в ДП полупереборкой взамен продольной переборки приведена на рис.10 [6].

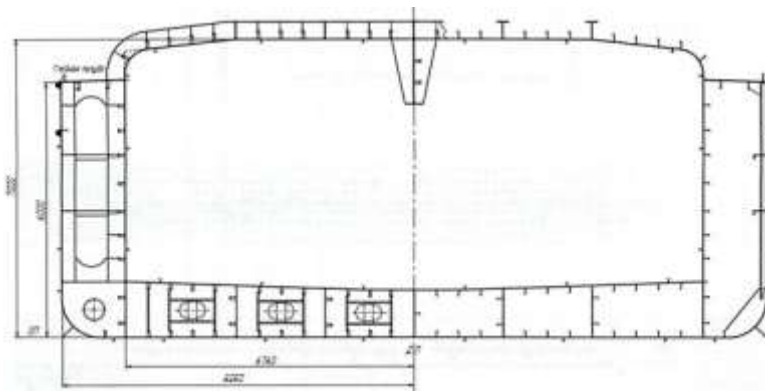


Рис.10. Схема мидель-шпангоута типового нефтеналивного танкера смешанного («река-море») плавания нового поколения

Рекомендуемая конструкция окончания рамных бимсов, установленных в грузовых танках поверх палубы (а) и при тронковой палубе с радиальным скруглением стенки рамных бимсов (б) приведена на рис.11 [5].

На основании теоретических и экспериментальных исследований специалистами МИБ [8] была доказана возможность увеличения коэффициента общей полноты для судов смешанного («река-море») плавания до 0,932, т.е. создания судов «Волго-Дон макс» класса со «сверхполными» обводами корпуса и увеличенной грузоподъемностью, с бульбообразной носовой оконечностью и применением полноповоротных ВРК без снижения основных технико-эксплуатационных показателей.

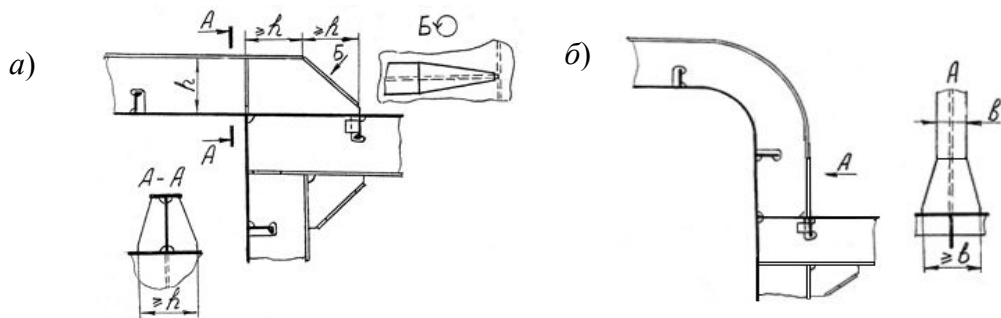


Рис.11. Рекомендуемая конструкция окончания рамных бимсов, установленных в грузовых танках поверх палубы (а) и при тронковой палубе с радиальным скруглением рамных бимсов (б)

В настоящее время ведется массовое строительство необычных для всей практики мирового судостроения «сверхполных» танкеров смешанного («река-море») плавания пр.RST27 и созданных на их базе комбинированных судов (танкеров-площадок) пр.RST54, танкеров-химовозов пр.RST12 и пр.RST27М, а также сухогрузных судов пр.RSD59 и пр.RSD79.

В качестве примера на рис.12 приведены элементы конструкции нефтеналивного танкера типа «ВФ танкер» (пр.RST27) со «сверхполными» обводами носовой оконечности, транцевой кормой и наружным расположением палубного набора.

Суда самой большой серии в постсоветское время (32 танкера) построены по проекту МИБ на класс КМ ★ Ice1 R2 AUT1-ICS OMBO VCS ECO-S Oil tanker (ESP) MPC [2] с главными размерениями  $L \times B \times D \times d = 137,1 \times 16,7 \times 6,0 \times 4,2/3,6$  м, дедвейт в море/реке – 7030/5430 т. Танкер предназначен для эксплуатации в условиях морских ОПП и речных ВВП. Корпус судна выполнен по смешанной системе набора (системе Шиманского) в средней части и поперечной – в МО и оконечностях.

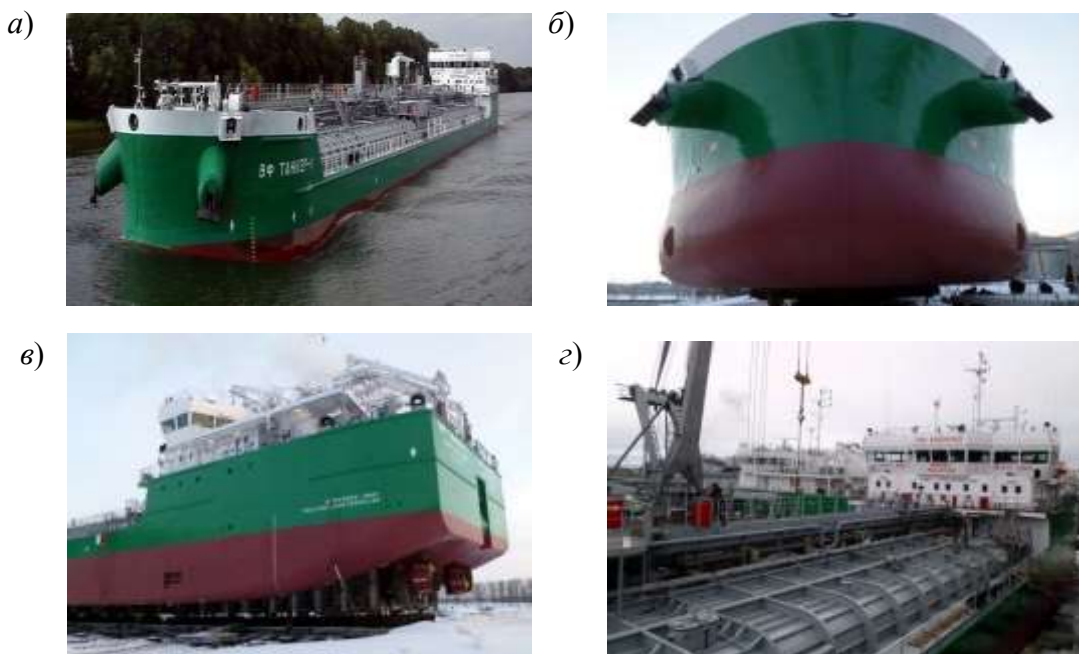
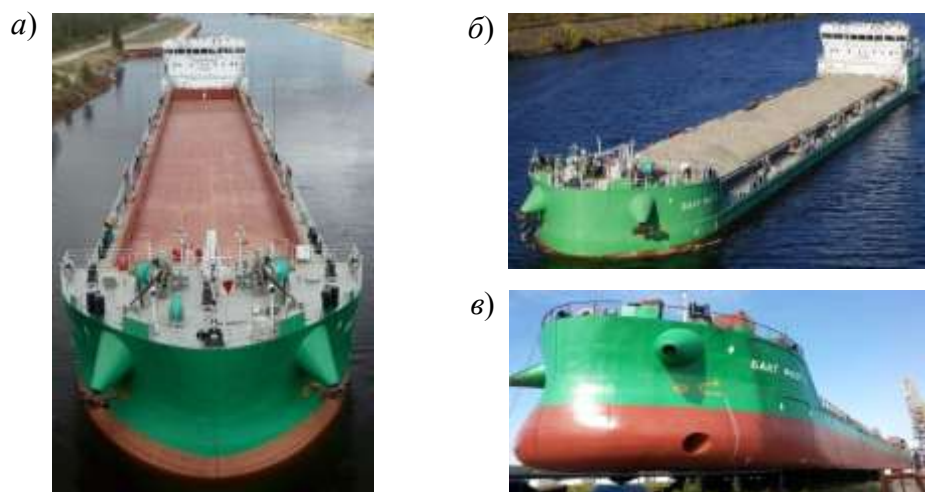


Рис.12. Нефтеналивной танкер типа «ВФ танкер» (пр. RST27): а – в ходу, б – «сверхполная» носовая оконечность, в – транцевая корма, г – наружный набор палубы

На базе «сверхполных» обводов танкеров пр.RST27 специалистами МИБ разработан речной комбинированный танкер-площадка типа «Балт-флот» (пр.RST54) на

Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов

класс «✠ М-ПР 2,5 (лед 30)А» РРР [1], предназначенный для перевозки на открытой палубе грузов, не боящихся подмочки (гравий, прокат, «тяжелые» контейнеры, автомобили и т.п.) в одном направлении и нефтепродуктов, размещаемых в 10 грузовых танках – в обратном направлении. Внешний вид комбинированного танкера-площадки типа «Балт-флот» (пр. RST54) с особенностями конструкции при разной загрузке судна приведен на рис.13.



*Рис.13. Комбинированный танкер типа «Балт-флот» (пр. RST54):  
а – в ходу с нефтепродуктами, б – в ходу с грузом щебня,  
в – «сверхполная» носовая оконечность на стапеле*

Главные размерения комбинированного танкера  $L \times B \times H \times T = 140,66 \times 16,7 \times 5,0 \times 3,6$  м, дедвейт 5745 т, корпус в грузовых танках выполнен с ДД и ДБ в соответствии с требованиями МК МАРПОЛ 73/78, в ДП установлена продольная переборка и безраскосные фермы в плоскости кильсонов и карлингсов. На палубе с ограждением грузовой площадки высотой 2 м судно может перевозить 4700 т щебня, а также 120/45 контейнеров международного класса TEU/ FEU и до 350 легковых автомобилей. Корпус выполнен по смешанной системе набора (системе Шиманского) в средней части и с поперечной – в оконечностях, с транцевой кормой и с ледовым усилением.

Кроме крупнотоннажного самоходного грузового флота в XXI веке ведется строительство и других транспортных СВП и ССП К настоящему времени построено 226 барж и 50 буксиров-толкачей, в большей части для восточных бассейнов страны. В классе «Волго-Дон макс» было построено 61 несамоходная баржа: 51 смешанного («река-море») плавания (в том числе 28 нефтеналивных) и 10 сухогрузных барж класса «М» РРР.

По разработкам МИБ построена серия мелкосидящих нефтеналивных барж нового поколения типа «Белмакс» (пр.ROB20 «Новая Бельская») на класс «✠O2,0» РРР [1] грузоподъемностью 6000 т с главными размерениями  $L \times B \times H \times T = 118 \times 22,6 \times 3,0 \times 2,75$  м. Корпус баржи выполнен с продольной системой набора в средней части и поперечной – в оконечностях. В районе грузовых танков установлено ДД и ДБ и принято наружное расположение набора тронковой палубы для уменьшения его коррозионного износа. Внешний вид нефтеналивной баржи типа «Белмакс» (пр.ROB20) и конструкция при постройке ДД приведены на рис.14.

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



Рис.14. Нефтеналивная баржа типа «Белмакс» (пр. ROB20):  
а - на плаву, б и в – в постройке конструкция ДД

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

В настоящей работе рассмотрены только некоторые аспекты проектирования конструкции корпуса отдельных типов наливных судов-представителей XXI века в сравнении с судами старой, классической «советской» постройки судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания.

В результате выполненного исследования можно сделать следующие выводы.

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

2. По мере выбывания устаревших наливных судов внутреннего и смешанного («река-море») плавания на российском рынке грузоперевозок в ближайшие годы будут востребованы самоходные и несамоходные 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 «Волгонепфть».

2. Основные требования Речного и Морского Регистров [1, 2] по проектированию связей рамного и холостого набора, по конструкции узлов соединения и назначению размеров связей, разработанные корабелями 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 архитектурно-конструктивного типа судов и на финансовый результат работы судоходных компаний. Так для судов «Волго-Дон макс» класса при падении осадки с 3,60 до 3,00 м грузоподъемность в среднем снижается на 1100-1300 тонн. 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 «M-СП 3,5» / А.М. Борисов, К.Н.

Пряничников, С.Н. Гирин. – Вестник ВГАВТ. Вып. 59. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2019. – С.27-41.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Егоров, Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб. : Судостроение, 2007. – 384 с.

8. 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.

## **ANALYSIS OF MODERN HOUSING STRUCTURES BULK REPRESENTATIVE VESSELS**

Alexander M. Borisov

*Annotation. The results of the analysis of the design of the hull structures of modern bulk vessels-representatives of the inland and mixed ("river-sea") sailing are presented in comparison with the classic ships built in the 20th century. The features of the hull structures are considered, recommendations are given for the design of the main hull connections in accordance with the requirements of the Russian River Register (RRR). It is noted that, taking into account the existing cargo flows on water transport, the hulls of some cargo vessels of inland navigation of early construction are being modernized for operation in coastal marine areas and converted for transportation of various kinds of cargo. It is shown that, taking into account the aging of the fleet in modern conditions, a significant role is given to the construction of new "super-full" and universal vessels of inland and mixed ("river-sea") navigation to increase their carrying capacity and ability to transport various cargoes.*

*Keywords: oil tanker, tanker, dry cargo ship, barge, Russian Maritime Register of Shipping, Russian River Register, Maritime Register of Shipping, ship class, petroleum products, transported goods, inland and mixed (river-sea) vessels, hull structure, modernization and re-equipment of the vessel, aging of the fleet, frame and idle frame, "over-full" hull of the vessel.*