

УДК 629.5.01:656.6

Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, О.А. Ворона, Н.В. Бутенко

**ОБОСНОВАНИЕ ГЛАВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
КОМБИНИРОВАННЫХ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ
ПЛАВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ, НАВАЛОЧНЫХ
ГРУЗОВ, КОНТЕЙНЕРОВ, НАКАТНОЙ ТЕХНИКИ И НЕГАБАРИТОВ**

Принципиальной особенностью нового концепта является «расширение» узких мест внутреннего водного транспорта за счет новых технических решений. Другими словами, происходит увеличение провозоспособности за счет максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна), а главное – за счет экстремально полных обводов, ранее не применявшихся в мировой практике.

Применение комбинированных судов (в 2015-2016 годах построено 7 судов) обеспечивает загрузку в обе стороны (нефтеналивные грузы – в одну и сухогрузы – в обратную), при этом позволяет снизить нагрузку на автодороги – за счет перевозки легковых автомобилей, которые обычно везут на грузовиках-автомобилевозах, перевозки контейнеров с массами, не допустимыми для транспортировки автопоездами по условиям максимальной нагрузки на трассах.

Ключевые слова: комбинированное судно смешанного река-море плавания, внешняя задача проектирования, класс судна, основные характеристики, пропульсивный комплекс, коэффициент полноты.

Принциповою особливістю нового концепту є «розширення» вузьких місць внутрішнього водного транспорту за рахунок нових технічних рішень. Інакше кажучи, відбувається збільшення провозоспроможності за рахунок максимального використання фактичних шляхових умов (максимально можливі довжина, ширина судна), а головне – за рахунок екстремально повних обводів, які раніше не застосовувалися у світовій практиці.

Застосування комбінованих суден (в 2015-2016 роках побудовано 7 суден) забезпечує завантаження в обидва боки (нафтоналивні вантажі – в один й сухі вантажі – у зворотній), при цьому дозволяє знизити навантаження на автодороги – за рахунок перевезення легкових автомобілів, які звичайно везуть на вантажівках-автомобилевозах, перевезення контейнерів з масами, не припустимими для транспортування автопоїздами за умовами максимального навантаження на трасах.

Ключові слова: комбіноване судно змішаного ріка-море плавання, зовнішня задача проектування, клас судна, основні характеристики, пропульсивний комплекс, коефіцієнт повноти.

© Егоров Г.В., Тонюк В.И., Ворона О.А., Бутенко Н.В., 2017

The character feature of new concept is an «expansion» of narrow places of inland water transport by using new technical decisions. Saying in other words, transportation ability is increased by maximal usage of actual way characteristics (maximal available vessel's length and breadth), and mainly by usage extremely fat hull contours, that have never used before in world's practice.

Usage of combined vessels (7 vessels have been built in 2015-2016) provides both directions cargo transportation (oil cargoes towards one direction and dry cargoes towards back direction); that should allow decrease of highways rate due to transportation of cars which usually carry by trucks, transportation of heavy containers with weights inadmissible for transportation by road-trains under the conditions of maximum load on routes.

Keywords: *river-sea combined vessel, external design task, vessel's class, main characteristics, propulsion complex, block coefficient.*

Постановка проблемы. Комбинированные суда проекта RST54 являются логическим продолжением реализации выполненных Морским Инженерным Бюро исследований по созданию судов смешанного река-море плавания нового поколения в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» 2009-2016 годов (РГМТ), а также развитием проекта RST27, по которому, начиная с 2012 года, было построено 40 судов и еще 7 судов строятся (включая модернизацию проекта RST27М) [1-3, 6].

Не имеющее аналогов судно «площадка/танкер» смешанного река-море плавания проекта RST54 создано для обеспечения максимальной загрузки кругового рейса (например, нефтеналивные грузы – в одну сторону и сухогрузы – обратно). Таким образом, планируется достичь максимальной экономической эффективности от работы судов в условиях сезонности речных перевозок.

Целью настоящей публикации является обоснование главных характеристик концепта уникального комбинированного судна (танкера-площадки) проекта RST54 типа «Балт-Флот», а также принятых технических и конструктивных решений.

Изложение основного материала. Трудно не заметить, как за четыре года отечественными заводами было построено 7 судов проекта RST54 и 40 судов проекта RST27 (три – на Херсонском судостроительном заводе). Такие темпы и такая массовая серия были характерны для лучших периодов советского судостроения и это, конечно, очень достойное сравнение для сегодняшних верфей.

Британское Королевское общество корабельных инженеров RINA в число лучших судов года в мире дважды включало проект RST27 (Significant Ships of 2012 и Significant Ships of 2013), что само по себе случается очень редко, а в 2014 году и проект RST54 (Significant Ships of 2014).

Однако не только увеличенный коэффициент полноты является особенностью этого нового поколения судов, но и ряд других принципиально важных характеристик, также полученных Морским Инженерным Бюро в той или иной форме в научных исследованиях (НИР) ФЦП по РГМТ и использованных в новых концептах: обоснование главных размеров, выбор формы носовой и кормовой оконечностей, количество и тип движителей, способы формирования конструкции, особенности архитектуры, снижение надводного габарита, нестандартное объединение функций судов, расширение типов предполагаемых к перевозке грузов и т.п.

Главной особенностью комбинированных судов смешанного река-море плавания проекта RST54, по сравнению с иными судами нового поколения, является расширение спектра перевозимых грузов – проектные грузы, химия, сочетание сухих и наливных грузов на одном судне.

Общее расположение судна проекта RST54 представлено на рисунке 1.

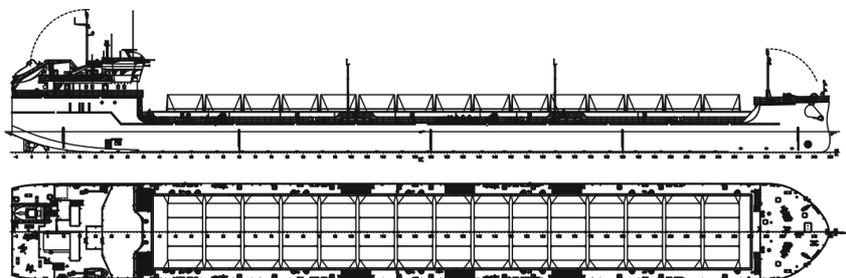


Рис. 1. Общее расположение судна проекта RST54

Основные характеристики проекта представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики проекта RST54

Параметр	Величина
Длина максимальная, м	140,85
Длина по КВЛ, м	140,66
Ширина, м	16,70
Высота борта, м	5,00
Высота габаритная от ОП до несъемных частей (не более), м	16,10
Осадка в море / реке, м	3,527 / 3,60
Дедвейт в реке при осадке 3,60 м, т	5745
Высота ограждения грузовой площадки, м	2,00
Объем грузового пространства по верхнюю кромку ограждения, м ³	2564

Продолжение табл. 1

Параметр	Величина
Вес щебня на палубе (около), т	4700
Контейнеровместимость (TEU / FEU)	120 / 45
Автомобилевместимость (необходима установка специальных съемных кассет)	270-350 (в зависимости от габарита)
Объем грузовых и отстойных цистерн (98 %), м ³	5653
Автономность, сут	20
Класс Российского Речного Регистра	✠ М-ПР 2,5 (лед 30) А
Мощность и тип ГД	2 x 1200 кВт, (6L20 «Wartsila»)
Винто-рулевое устройство	2 x 1200 кВт, ВРК (Shottel SRP2012FP)
Подруливающее устройство	230 кВт, (Schottel STT170FP)
Вспомогательные ДГ + Аварийный ДГ	3 x 296 кВт + 62 кВт
Вспомогательные паровые котлы, т/ч	2 x 2,5
Производительность грузовых насосов, м ³ /ч	2 x 300
Количество манифольдов / количество видов груза	4 / 1
Подогрев груза	Змеевики
Насос отстойного танка, м ³ /ч	80
Экипаж / мест, чел.	12 / 14 + лоцман
Скорость (при осадке 3,60 м и 85% МДМ), узлы	11,00

При выборе главных размерений был применен принцип максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна).

Исследованиями, проведенными Бюро, было доказано, что реальный выбор основных элементов судна смешанного река-море и внутреннего плавания определялся путевыми условиями, а также стратегией будущего судовладельца, его позицией на рынке, приверженностью к тем или иным направлениям перевозок и типам грузов. При этом для танкеров, как правило, оптимальным являлись решения, обеспечивающие в заданных условиях максимальную грузоподъемность. У сухогрузных судов применялся также выбор размерений по принятой партионности (3000 тонн, 5000 тонн) на заданную осадку [5].

Анализ подобных альтернатив позволил выстроить параметрический ряд ССП, объективно востребованных отечественными судовладельцами, и на его основе разработать в Морском Инженерном Бюро проекты новых судов – концептов XXI века.

Самый востребованный класс судов водного транспорта России (70 % значимых грузовых судов, построенных в XXI веке) – суда «Волго-Дон макс» класса, к которым и относится суда проекта RST54.

В носовой оконечности с высоким и развитым по длине баком расположены форпик, шахта лага и эхолота, шкиперская, станция гидравлики, малярная, палубная кладовая, а также носовое подруливающее устройство мощностью 230 кВт.

В кормовой оконечности судна расположены МО и развитая высокая надстройка юта. Двухъярусная кормовая рубка со служебными и жилыми помещениями для размещения экипажа численностью 12 чел. (14 мест+лоцман) спроектирована с учетом обеспечения ограниченного надводного габарита судна (13,8 м при осадке 3,00 м).

Теоретический корпус судна разработан Морским Инженерным Бюро и имеет цилиндрическую вставку протяженностью 0,78 L и рекордный коэффициент общей полноты 0,932 (как у судов проекта RST27, см. рисунки 2-4).



Рис. 2. Общий вид «сверхполного» судна проекта RST54 во время спуска на заводе «Окская судостроительная»

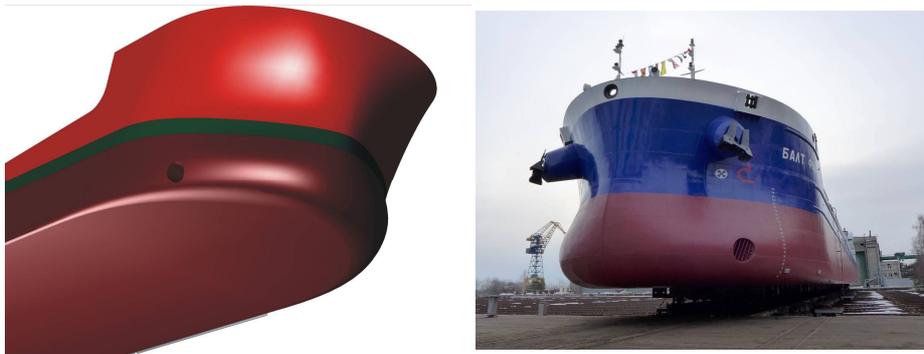


Рис. 3. Носовая оконечность «сверхполного» судна



Рис. 4. Кормовая оконечность «сверхполного» судна

Применена **бульбообразная форма носовой оконечности**, кормовая оконечность – транцевая, с полутоннелями и скегом. На начальном этапе моделирование буксировочных испытаний выполнялось путем решения уравнений Рейнольдса конечно-объемным методом в расчетной области, внутрь которой помещена 3D модель корпуса судна. Уравнения движения жидкости замкнуты при помощи статистической модели турбулентности для случая несжимаемой жидкости. Расчеты (см. рисунок 5) выполнялись в масштабе натуры с намерением избежать влияния масштабных эффектов и процедур пересчета с модели на натуру [4].

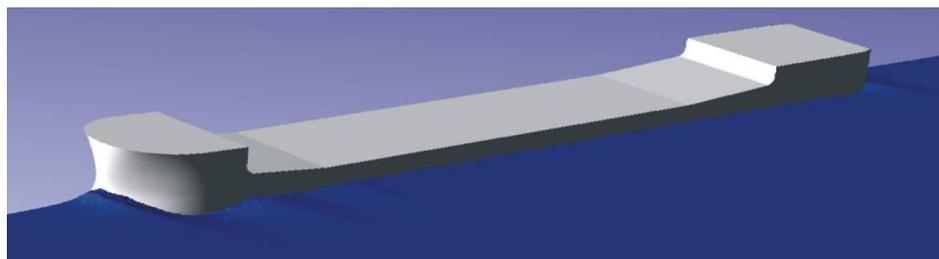


Рис. 5. Свободная поверхность. Вид на нос 10 узлов

Следует обратить внимание, что на интересующих нас скоростях около 10 узлов, основную роль играет трение и сопротивление формы. Волновое сопротивление при этом незначительно, но уже после 10 узлов роль этой составляющей резко возрастает. Результаты проверочных буксировочных испытаний в двух независимых друг от друга бассейнах показали, что величины коэффициента остаточного сопротивления при осадке судна в грузу и в балласте практически совпадают до значения числа Фруда $\sim 0,13$ [4].

Но конечно главным результатом является необходимая для движения судна с заданной реальной скоростью удельная эффективная мощность (на 1 м^3 объемного водоизмещения) – т.е. те энергозатраты, которые приходится на 1 единицу груза.

На рисунке 6 дано такое сравнение удельной эффективной мощности от скорости для «сверхполного» судна, имеющего рекордный коэффициент общей полноты $C_b = 0,932$ (проект RST54) с судном-прототипом с $C_b = 0,88$ (проект RST25).

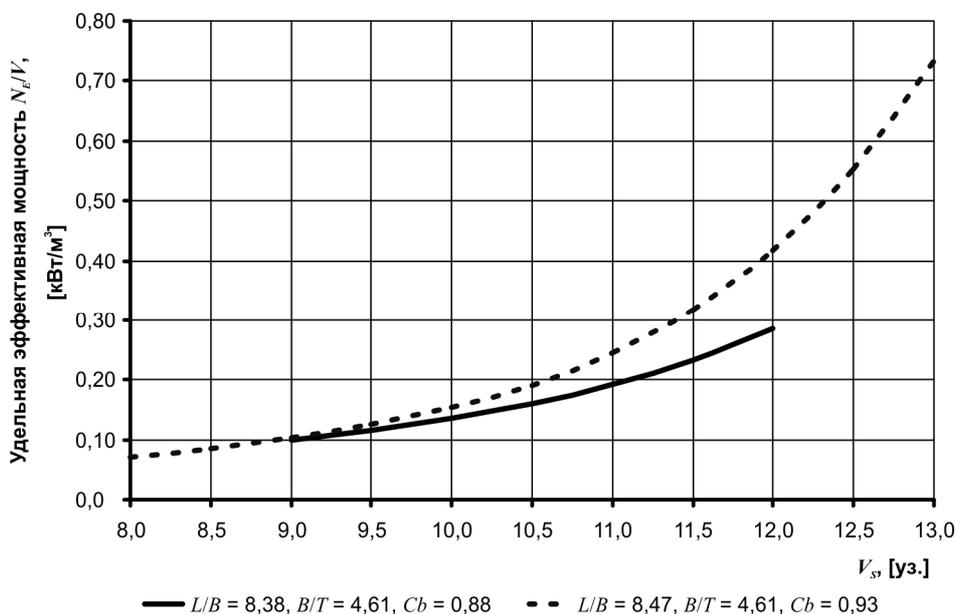


Рис. 6. Зависимость удельной эффективной мощности от скорости для судов с различной полнотой обводов

Итак, в грузу величина буксировочной мощности «сверхполного» судна отличается всего лишь на ~4% от таких данных судна с коэффициентом полноты около 0,90. В балласте буксировочная мощность P_E танкера с большой полнотой обводов выше, чем у танкера с нормальной полнотой и при проектной скорости $V_s = 10,5$ узлов разница составляет ~80 кВт (около 13 %).

Таким образом, теоретически было доказано, что для типичных для судна смешанного река-море плавания скоростях 10 узлов влияние коэффициента полноты (для диапазона 0,88-0,93) незначительно.

Вывод был принципиально важен и означал, что можно увеличивать коэффициент общей полноты для судов смешанного река-море плавания до 0,932. Это и позволило дать «старт» для проектов RST54 и RST27 – судов «Волго-Дон макс класса» со «сверхполными» обводами, с бульбообразной носовой оконечностью и с двумя винтами фиксированного шага в насадках (полноповоротные ВРК в полутоннелях).

Специальная форма кормовой оконечности оптимизирована под размещение ВРК, так как для судов «Волго-Дон макс» класса оптимальным с позиций топливной эффективности является вариант двухвального

пропульсивного комплексу с гребными винтами фиксированного шага в направляющих насадках (ВРК) [7].

Для наглядного отображения сравнительной топливной эффективности всех вариантов пропульсивного комплекса основные результаты расчетов – пропульсивная мощность N_E (т.е. расходуемая на движение) и сумма денежных издержек на топливо C за сутки ходового времени приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели топливной эффективности при $V_s = 11$ уз.

Номер п/п	Характеристика	Вариант А (2 ВФШ)	Вариант Б (2 ВФШ в НН)	Вариант В (1 ВРШ)	Вариант Г (1ВРШ в НН)
1	Эффективная мощность N_E , кВт	$2 \times 792 = 1584$	$2 \times 739 = 1478$	1793	1735
2	Относительная эффективная мощность \bar{N}_E , %	107,2	100,0	121,3	117,4
3	Затраты на топливо в течение суток ходового времени C , USD/сут.	3154	2964	3224	3119
4	Относительные затраты на топливо в течение суток ходового времени \bar{C} , %	106,4	100,0	108,8	105,2

Как видно из таблицы 2, наиболее выгодным с точки зрения топливной эффективности является **вариант Б** – судно с двухвальным ПК с ВФШ в направляющих насадках. **Вариант Б** требует для достижения скоростей 11 уз. наименьших затрат мощности ГД. Этот выигрыш не компенсируется за счет применения ВГ в одновальных **вариантах В** и **Г**, хотя в процентном отношении их отставание в эффективности за счет ВГ несколько уменьшается.

Также следует отметить, что **варианты** с винтами в направляющих насадках **Б** и **Г** показали значительное превосходство над, соответственно, **вариантами А** и **В** с открытыми винтами. Это объясняется особенностями работы тяжело нагруженных гребных винтов на судах рассматриваемого типа. Совокупное применение ВРШ в направляющей насадке и ВГ позволяет **варианту Г** по топливной эффективности занимать 2-е место.

В целом, учитывая уровень точности расчетов на настоящем этапе, можно считать, что варианты Г и А по топливной эффективности равноценны.

Качественный анализ результатов выполненной проработки свидетельствует о том, что наибольшее влияние на топливную эффективность проектируемого судна оказывает тип движителя, а в рамках одного типа – площадь живого сечения $A_o = \pi D_p^2 / 4$, от которой зависит степень нагрузки. Так, величина A_o при переходе от двухвального варианта Б к одновальному варианту Г уменьшается от 9,81 м² до 6,60 м² (на 32,7 %), при этом пропульсивная мощность при 11 узлов возрастает с 1478 кВт до 1735 кВт (на 17,4 %).

По этой причине для повышения топливной эффективности рекомендуется применять винты в насадках, а также выполнить проектные работы, направленные на увеличение диаметра гребного винта, независимо от того, какой вариант пропульсивного комплекса будет выбран. Однако для судна данного типа основная сложность установки винтов повышенного диаметра связана с необходимостью исключить подсос воздуха при ходе в балласте.

На проекте RST54 движение и управляемость судна обеспечивается двумя кормовыми полноповоротными ВРК с винтами фиксированного шага диаметром 1900 мм в насадках. Привод к ВРК от главных дизелей осуществляется через механическую Z-передачу.

На судне устанавливаются 10 главных водонепроницаемых поперечных переборок, разделяющих корпус на 11 непроницаемых отсеков.

Перевозка нефтеналивных грузов с ограничением по температуре вспышки паров выше 60 °С осуществляется в десяти грузовых танках вместимостью 5446 м³ и двух отстойных танков вместимостью 207 м³. Все танки отделены от наружной обшивки при помощи двойного дна и двойных бортов. Размеры двойных конструкций отвечают требованиям международной конвенции МАРПОЛ 73/78.

Для перевозки сухих грузов, не боящихся подмочки (металл, щебень, контейнеры и т.п.) используется грузовое пространство на главной палубе, имеющее ограждение высотой 2,0 м – бункер с характеристиками, указанными в таблице 3.

Таблица 3

Характеристики грузового бункера

Наименование	Расположение, шп.	Размеры, lxb, м	Площадь, м ²	Нагрузка на палубу, т/м ²
Бункер	38-225	102,85 x 12,46	1281	5,5

В качестве основного груза предусмотрена перевозка 4700 т щебня.

Перевозка контейнеров осуществляется в два яруса. Предусматривается размещение тяжелых 120 TEU массой по 36 тонн, которые нельзя перевозить автопоездами. Электростанция судна позволяет также перевозить 45 рефрижераторных контейнеров.

Предусмотрена также возможность установки на судне специальных съемных кассет, образующих дополнительно две автомобильные палубы. Погрузка/выгрузка автомобилей осуществляется своим ходом при помощи береговых аппарелей. Количество перевозимых автомобилей зависит от их габаритных размеров (от 350 до 270 единиц).

Мидель-шпангоут комбинированного судна проекта RST54 представлен на рисунке 7.

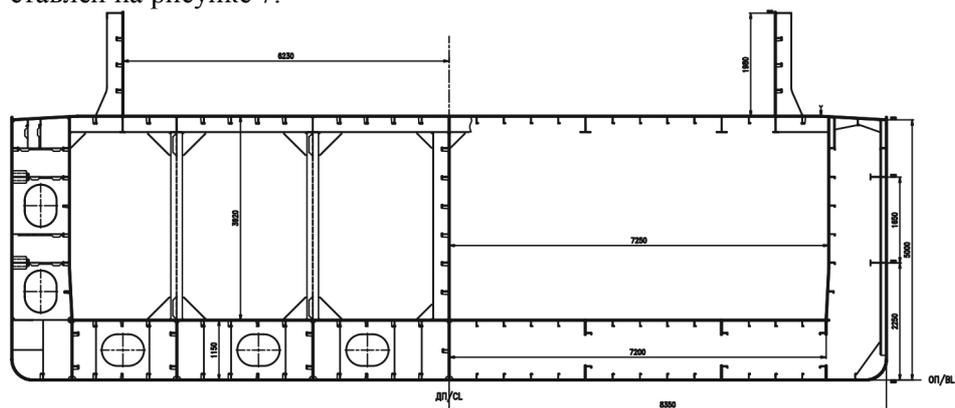


Рис. 7. Мидель-шпангоут комбинированного судна проекта RST54

Сосредоточенная нагрузка на работу грейфером равна $5,5 \text{ т/м}^2$.

При перевозке контейнеров сосредоточенная нагрузка равна:

- 24 т – для 1 яруса 20 – футовых контейнеров (TEU);
- 30,5 т – для 1 яруса 40 – футовых контейнеров (FEU).

Для обеспечения восприятия заданной нагрузки в грузовой зоне в плоскости днищевых стрингеров и карлингсов на судне установлены пиллерсы и раскосные фермы (см. рисунок 8).

Главная палуба, вторые борта, продольная переборка в ДП, днище и второе дно выполняются по продольной системе набора, в оконечностях и машинном отделении – по поперечной системе набора.

Настил главной палубы внутри грузовой площадки рассчитан на интенсивность распределенной нагрузки

Схема деформированного состояния конструкции при загрузке грузовой площадки представлена на рисунке 9, при загрузке наливным грузом – на рисунке 10.

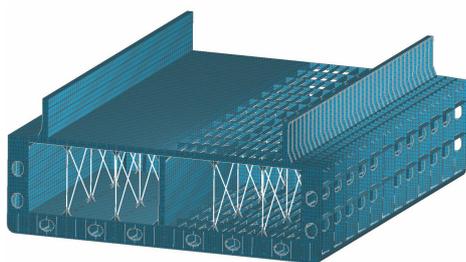


Рис. 8. Расчетная модель судна проекта RST54

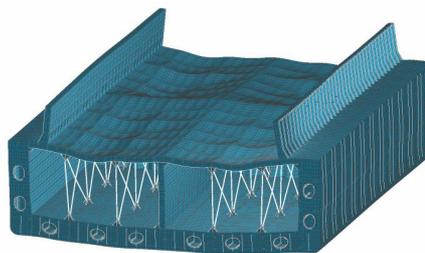


Рис. 9. Деформированное состояние конструкции при перевозке сухого груза в бункере на палубе

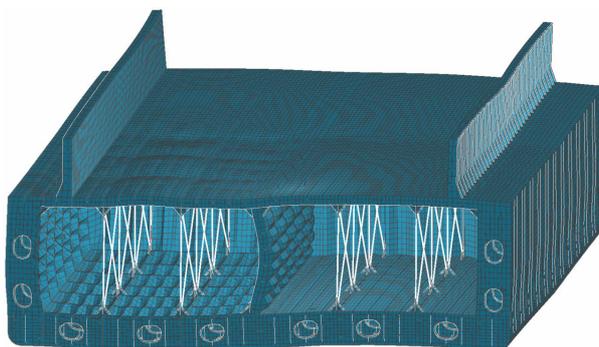


Рис. 10. Деформированное состояние конструкции при перевозке наливного груза

Проверка общей продольной прочности показала, что:

- нормальные напряжения в связях палубы в средней части составляют 163,3 МПа или 90,7 % от допускаемых напряжений;
- наибольшие нормальные напряжения в связях палубы в сечении по шп. 33 составляют 177,8 МПа или 98,5 % от допускаемых напряжений;
- наибольшие нормальные напряжения в связях днища составляют 178,1 МПа или 98,7% от допускаемых напряжений;
- касательные напряжения на уровне нейтральной оси эквивалентного бруса составили 57,3 МПа или 55,7 % от допускаемых напряжений;
- прочность нового корпуса судна пр. RST54 по предельному моменту в условиях класса «М-ПР 2.5» удовлетворяет требованиям Правил РРР с 12,6 % запасом;
- требования Правил в условиях класса «М-ПР 2.5» в конце срока службы корпуса, выполнены с 0,9 % запасом.

Прочность продольного и поперечного набора корпуса в районе грузовой зоны при загрузках как сухим грузом, так и наливом обеспечивается с заметным запасом.

Остойчивость судна во всех эксплуатационных случаях загрузки удовлетворяет требованиям правил классификационного общества.

Например, остойчивость при перевозке на палубе 4700 т щебня (УПО 0,75 м³/т) обеспечивается за счет приема 635 тонн водяного балласта. Такая загрузка представлена в таблице 4 и на рисунке 11. Результаты расчета остойчивости – на рисунке 12.

Таблица 4

Судно с грузом щебня со 100 % запасов

Составляющая нагрузки	P , т	X , м	Z , м	$P X$, тм	$P Z$, тм	Δ_{mh} , тм
Запасы	415,2	-49,81	3,39	-20681	1407	231
Груз						
Палубный груз шп. 179-225	1262,0	44,17	6,57	55743	8294	
Палубный груз шп. 132-179	1286,0	18,60	6,57	23920	8446	
Палубный груз шп. 85-132	1286,0	-7,25	6,57	-9324	8446	
Палубный груз шп. 38-85	860,0	-33,10	6,07	-28466	5222	
Бункер	0,0	5,60	5,00	0,00	0,00	
Балласт						
Балластный танк 2 ПрБ, ЛБ	199,2	59,95	2,57	11942	512	
Балластный танк 3 ПрБ, ЛБ	115,0	48,54	2,52	5582	290	4
Балластный танк 6.1 ПрБ, ЛБ	321,3	-10,83	0,57	-3480	183	
Обледенение	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	
Судно порожнем	2136,0	-11,33	4,39	-24201	9377	
Водоизмещение	7881	1,40	5,35	11035	42177	240

Судно с генеральным грузом УПО 0.75 м³/т и 100% запасов

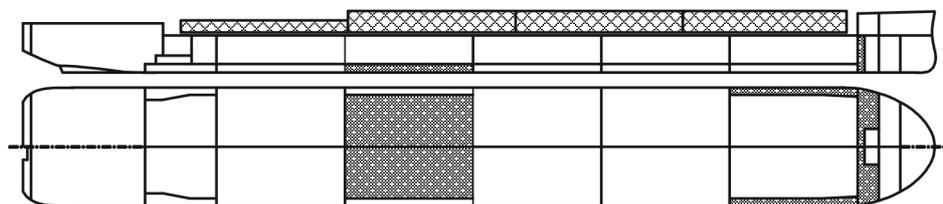


Рис. 11. Схема загрузки щебнем 4700 т

Статьи нагрузки				Характеристики посадки			
Наливной груз	т		0,0	Средняя осадка	м	d	3,60
Палубный груз	т		4694,0	Осадка на НП	м	d_H	3,60
Снабжение, экипаж, пр.	т		3,0	Осадка на КП	м	d_K	3,60
Топливо, масло, вода	т		412,2	Абсцисса ЦВ от L/2	м	x_C	1,48
Жидкий балласт	т		635,5	Абсцисса ЦТ от L/2	м	x_g	1,40
Дедвейт, т			5744,7	Абсцисса ЦТ ВЛ от L/2	м	x_f	-1,57
Обледенение	т		0,0	Момент дифференцирующ. на 1 см	тм/см	MTC	293,1
Судно порожнем	т		2136,0	Дифферент	м	т	0,00
Водоизмещение, т			7880,7	Макс. изгибающий момент	кНм	M	-40563
Максимальное плечо l_{max}	м	0,780	> 0,25	<p style="text-align: center;">STABILITY CURVES</p> <p>The graph plots the metacentric height l in meters (y-axis, -0.5 to 4.0) against the heel angle θ in degrees (x-axis, 0 to 90). It shows several curves: a straight line representing the initial stability, a curve for the maximum righting moment, and other curves representing different stability criteria. The curves generally show a peak in stability around 30-40 degrees of heel.</p>			
Угол максимума θ_m	гр.	24,6	...				
Угол заката θ_c	гр.	50,8	> 50				
Исправленная метац. высота h	м	3,05	> 0,20				
Критерий погоды	K	> 20	> 1				
Апplikата ЦТ от ОП	м	Z_g	5,35				
Апplikата попер. метацентра	м	Z_m	8,43				
Поправка на своб. поверхности	м	θm_n	0,03				
Угол крена при стат. дейст. ветра θ_B	гр.	0,3	9,5				
Кренящий мом. от статич. действия ветра M_B	тм	99,8	4085,8				
Угол крена на циркуляции θ_{cl}	гр.	...	...	Амплитуда бортовой качки	гр.	θ	9,08
Кренящий момент на цирк. M_{cl}	тм	...	...	Период бортовой качки	сек.	T_{bk}	8,21

Рис. 12. Результаты расчета остойчивости при перевозке щебня

В качестве главных двигателей используются два среднеоборотных дизеля мощностью по 1200 кВт, работающие на тяжелом топливе вязкостью IFO380. Подруливающее устройство – 230 кВт. Скорость при осадке 3,60 м и 85 % МДМ составляет 11,0 узлов.

Электростанция состоит из трех дизель-генераторов электрической мощностью по 296 кВт и аварийного дизель-генератора электрической мощностью 62 кВт.

Управление судном, главной энергетической установкой, ВРК и подруливающим устройством, радионавигационными средствами и др. осуществляется из центрального объединенного пульта управления в рулевой рубке.

Грузовая система обеспечивает закрытый прием груза береговыми средствами и выдачу груза судовыми погружными насосами. Манифольды, обеспечивающие прием и выдачу груза на оба борта, расположены в средней и кормовой частях грузовой зоны. Трубы грузовой системы проложены вдоль наружной стенки сухогрузного бункера. Максимальная интенсивность погрузки каждого грузового танка и отстойных танков составляет 600 м³/ч. Суммарная интенсивность погрузки танкера составляет 1200 м³/ч.

Система подогрева обслуживается двумя паровыми котлами производительностью 2,5 т/ч и обеспечивает поддержание температуры перевозимого груза во время рейса 60 °С (при температуре наружного воздуха -10 °С), а также подогрев груза от 50 °С до 60 °С за 36 часов.

Созданный как научный результат исследований по Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» 2009-2016 годов концепт RST54 на базе RST27 «сверхполного» судна смешанного река-море плавания оказал заметное влияние как на отечественное судостроение, так и на отечественный водный транспорт в целом.

По сути, этот концепт явился базисом для новой тенденции развития российской воднотранспортной отрасли по «расширению» узких мест за счет новых технических решений.

Другими словами, происходит увеличение провозоспособности за счет максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна), а главное – за счет экстремально полных обводов, ранее не применявшихся в мировой практике.

Комбинированные танкера-площадки проекта RST54:

- обеспечивают загрузку в обе стороны (нефтеналив – в одну и сухогрузы – в обратную);

- позволяют снизить нагрузку на автодороги за счет перевозки 200-280 легковых автомобилей, которые обычно из района Санкт-Петербурга в центральную Россию везут на грузовиках – автомобилевозах (см. рисунки 13 и 14);

- обеспечивают перевозку 120 контейнеров с массами до 36 тонн, которые недопустимы для транспортировки автопоездами по условиям максимальной нагрузки на трассах, в том числе до 45 рефрижераторных контейнеров.

Суда нового концепта были построены на Окской судовой верфи (см. таблицу 5).

Результаты эксплуатации судов серии проекта RST54, построенных на навашинском заводе «Окская судовой верфь», полностью подтвердили принятые при разработке концепции новые решения.

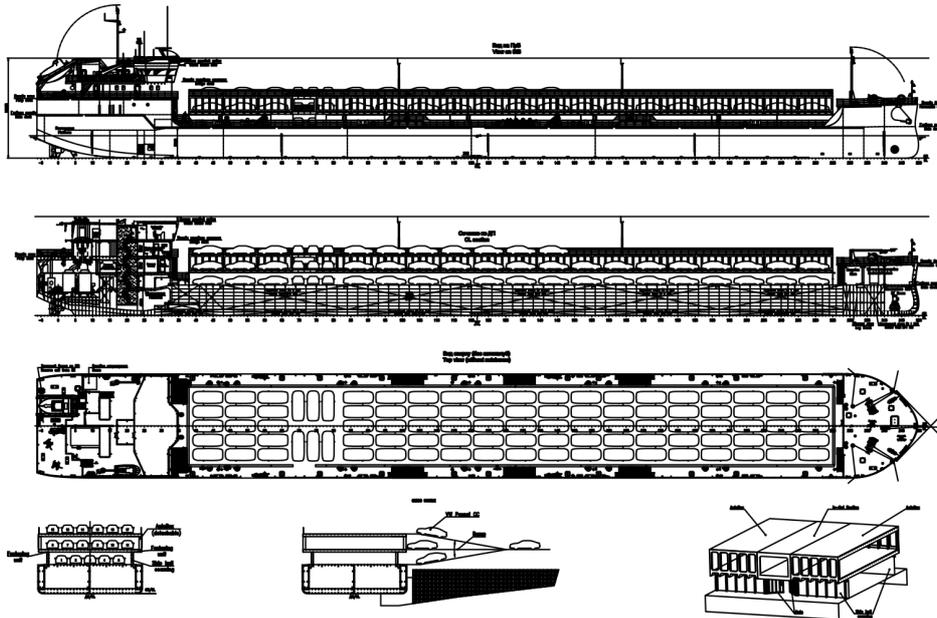


Рис. 13. План размещения и способы погрузки легковых автомобилей на судно проекта RST54

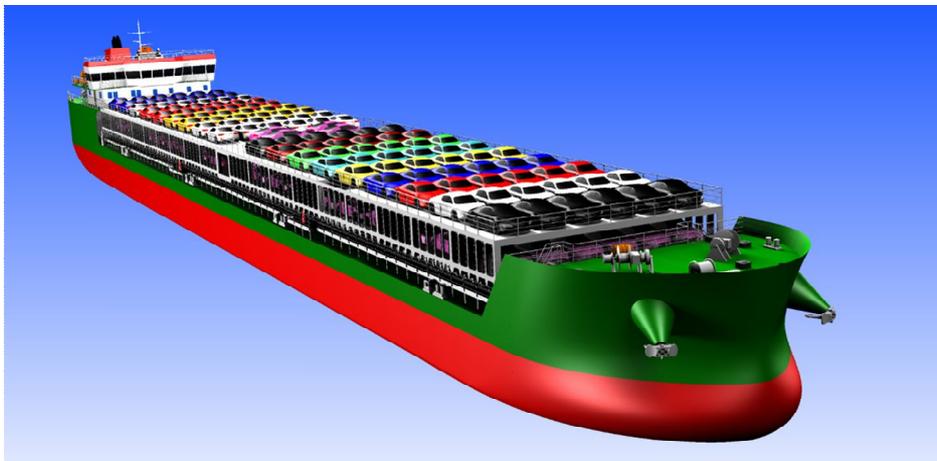


Рис. 14. Пример перевозки автомобилей на комбинированном судне проекта RST54

Таблиця 5

*Хронология строительства
серии комбинированных судов проекта RST54*

Название	Верфь, строительный номер	Дата закладки	Дата спуска	Дата сдачи
Балт Флот 1	Окская судовой верфь, 5401	16.12.13	10.07.14	22.10.14
Балт Флот 2	Окская судовой верфь, 5402	24.01.14	26.08.14	27.04.15
Балт Флот 3	Окская судовой верфь, 5403	05.03.14	24.10.14	27.04.15
Волга-Флот 10	Окская судовой верфь, 5404	10.04.14	16.04.15	27.11.15
Балт Флот 4	Окская судовой верфь, 5405	28.05.14	19.11.15	26.04.16
Балт Флот 5	Окская судовой верфь, 5406	28.08.14	17.03.16	01.06.16
Балт Флот 6	Окская судовой верфь, 5407	28.11.14	21.04.16	11.07.16

Принципиальной особенностью нового концепта «Волго-Дон макс» класса является «расширение» узких мест внутреннего водного транспорта за счет новых технических решений. Другими словами, происходит увеличение провозоспособности за счет максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна), а главное – за счет экстремально полных обводов, ранее не применявшихся в мировой практике.

Применение комбинированных судов (в 2015-2016 годах построено 7 судов) обеспечивает загрузку в обе стороны (нефтеналивные грузы – в одну и сухогрузы – в обратную), при этом позволяет снизить нагрузку на автодороги – за счет перевозки легковых автомобилей, которые обычно из района Санкт-Петербурга в центральную Россию везут на грузовиках-автомобилевозах, перевозки контейнеров с массами, недопустимыми для транспортировки автопоездами по условиям максимальной нагрузки на трассах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Багаутдинов Р.Д., Егоров Г.В. Концепция танкеров смешанного плавания нового поколения // *Морская Биржа*. – 2012. – № 2 (40). – С. 22-35.
2. Егоров Г.В. О возможности создания судна смешанного река-море плавания с предельно высоким коэффициентом общей полноты // *Труды Крыловского государственного научного центра*. – 2013. – № 3. – С. 6-14.
3. Егоров Г.В. «Линейка» танкеров смешанного река-море плавания Морского Инженерного Бюро // *Морская Биржа*. – 2014. – № 3 (48). – С. 28-35.

4. Егоров Г.В., Тонюк В.И., Станков Б.Н., Печенюк А.А. Оптимизация обводов судна смешанного плавания класса «Волго-Дон макс» // *Морской вестник*. – 2012. – № 1 (41). – С. 71-77.
5. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
6. Егоров Г.В. Суда внутреннего, смешанного река-море и каботажного плавания для перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов // *Морская Биржа*. – 2015. – № 3(53). – С. 22-31.
7. Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Станков Б.Н., Печенюк А.А. Проработка вариантов пропульсивного комплекса судна смешанного плавания класса «Волго-Дон макс» // *Морской вестник*. – 2011. – № 2 (38). – С. 101-106.

Стаття надійшла до редакції 05.10.2017

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теоретична і прикладна механіка» Одеського національного морського університету
А.В. Гришин

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Машинознавство» Одеського національного морського університету
А.В. Коноплев