

ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ С ПОВЫШЕННЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ СТАНДАРТОМ БЕЗОПАСНОСТИ

В связи с увеличением объемов перевозок морским транспортом и, соответственно, усилением антропогенного воздействия на окружающую среду со стороны судов ряд классификационных обществ разработал дополнительные требования, направленные на повышение стандартов экологической безопасности и охраны окружающей среды. Судам, соответствующим новым требованиям, могут быть присвоены дополнительные знаки в символе класса (табл. 1).

Таблица 1
Дополнительный знак экологической безопасности в символе класса

Классификационное общество	Дополнительный знак в символе класса
PC	"ЭКО" и "ЭКО ПРОЕКТ"
DNV	"Clean" и "Clean Design"
GL	"EP"
ABS	"ES"

Суда с подобными знаками в символе класса более безопасны по отношению к морской среде и пользуются бóльшим доверием со стороны грузовладельцев, страховщиков, Морских администраций государств флага, портовых властей.

Присвоение дополнительного экологического символа в классе основывается на выполнении требований Международной морской организации, морских администраций и международной морской индустрии к экологической безопасности судов. При этом отдельные положения дополнительных "экологических" требований классификационных обществ более строгие, чем требования действующих международных документов.

Как правило, дополнительные классы экологической безопасности присваиваются судам, предназначенным для перевозки опасных грузов.

В первую очередь, дополнительные классы востребованы теми судовладельцами, которые предлагают свои суда ведущим международным фрахтователям.


Целью настоящей статьи является обосновать характеристики многоцелевого сухогрузного судна нового поколения, которое будет удовлетворять повышенным экологическим требованиям, достаточным для работы с первоклассными иностранными фрахтователями и иметь грузоподъемность около 5000 т в условиях мелководных портов Азовского и Каспийского моря.

Таким образом, необходимо сочетание достаточной прочности и мореходности в условиях первого ограниченного района с выполнением требований Российского морского Регистра судоходства (РС) к классу "ЭКО" и габаритам, удовлетворяющим ограничениям Волго-Донского судоходного канала (ВДСК).

Выбору проекта предшествовал анализ судов-прототипов (табл. 2), имеющих соответствующие классы РС по району и ледовой категории, а также близкую грузоподъемность, что позволило оценить главные размерения проекта RSD17 в первом приближении, с последующим уточнением характеристик в ходе проектирования.

Суда проекта RSD17 в соответствии с принятой в Бюро классификацией [3] относятся к "азовским пятидесятикам" с повышенной грузоместимостью и имеют дедвейт около 5350 тонн при характерной для устьевых российских портов Азовского моря осадке 4,50 м. Предназначены для транспортировки генеральных, навалочных, лесных, зерновых и крупногабаритных грузов, контейнеров международного стандарта высотой 8,5 и 9 футов и опасных грузов классов 1.4S, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 и Приложения В Кодекса ВС. Эксплуатация предусматривается в Средиземном, Каспийском, Черном, Балтийском, Белом, Северном морях, включая рейсы вокруг Европы и в Ирландское море зимой.

Габариты позволяют судну совершать проходы (передислокацию) через Волго-Донской и Волго-Балтийский каналы с морских районов на Каспий. Однако основным назначением является работа в морских условиях, что позволило в отличие от традиционных для судов этого типа двухвальных пропульсивных комплексов выбрать относительно более дешевый одновальный вариант с одним эффективным рулем.

Проект судна разработан Морским Инженерным Бюро на класс РС и удовлетворяет всем требованиям международных конвенций, действующим на дату закладки судна. После выхода нормативных документов РС о порядке включения судам знака "ЭКО" в символ класса судно "Мирзага Халилов" было предъявлено для освидетельствования и в настоящий момент судно имеет класс КМ  IY2 I A1 ECO.

Требования к знаку "ЭКО" были введены РС в 2006 году и применяются по желанию судовладельца. Наличие такого знака в символе класса свидетельствуют о том, что судно и его отдельные части с точки зрения защиты окружающей среды имеют более высокий стандарт безопасности, чем суда, отвечающие только требованиям Международной Конвенции МАРПОЛ73/78, и тем самым обеспечивают существенно меньший уровень экологического риска.

Достигнуто это путем принятия дополнительных технических и организационно-технических мер (рис. 1) по предотвращению загрязнения атмосферы выбросами из главного двигателя, котлов, из систем, содержащих вредные газы; предотвращения загрязнения морской среды остатками груза, льяльными и сточными водами, мусором и различного вида техническими маслами; предотвращения переноса вредных патогенных организмов вместе с балластными водами.

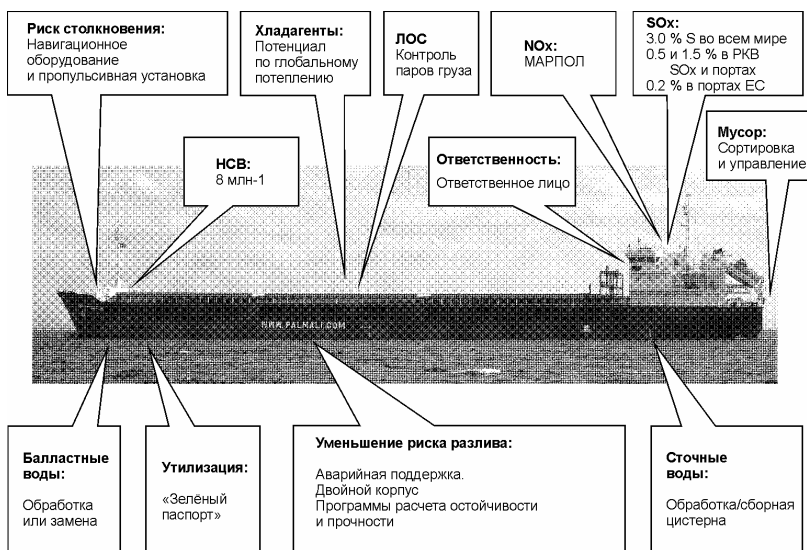


Рис. 1. Основное содержание требований класса ЭКО

Повышение общего уровня безопасности и снижение риска перевозки грузов обеспечивается также резервированием движения за счет использования валогенератора в качестве гребного электродвигателя для привода гребного винта и наличием двойного корпуса, в том числе в местах расположения основных запасов топлива.

Архитектурно-конструктивный тип – стальной однопалубный, одновинтовой теплоход, с баком и ютом, с кормовым расположением

рубки и машинного отделения (МО), с двойным дном высотой 1000 мм от форпиковой до ахтерпиковой переборки, двойными бортами шириной 1900 мм в районе грузовых трюмов, тремя трюмами, с бульбовой носовой и транцевой кормовой оконечностями (рис. 2).

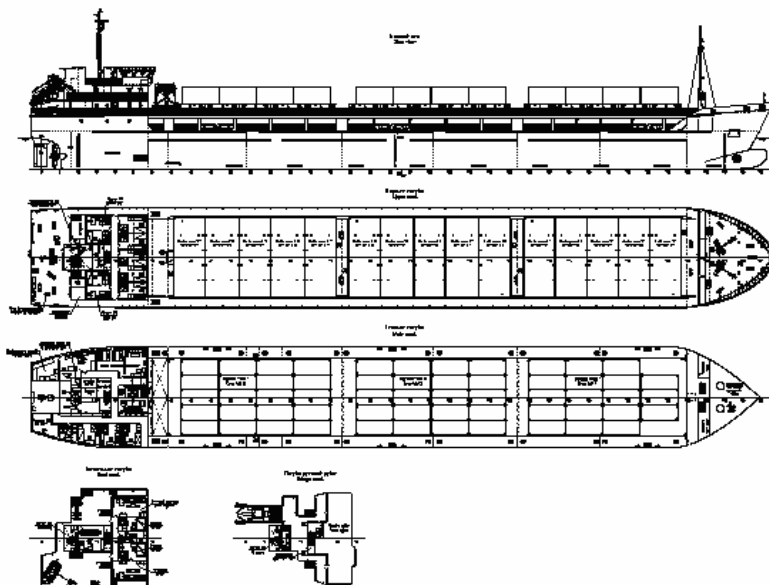


Рис. 2. Общее расположение судна проекта RSD17

В носовой оконечности установлен волноотбойник высотой около 2500 мм, совмещенный с тамбуром схода в носовые подпалубные помещения и предназначенный для уменьшения заливаемости люковых закрытий и палубного груза при ходе на волнении. Там же расположены форпик, шахта лага и эхолота, шкиперская, малярная, а также носовое подруливающее устройство типа "винт в трубе" мощностью 300 кВт.

В кормовой оконечности судна расположены МО, надстройка юта и трехъярусная рубка со служебными и жилыми помещениями для экипажа численностью 12 чел. (14 мест). Ходовой мостик выполнен с круговым обзором и минимальными зонами затенения.

В соответствии с рекомендациями [2, 4] применение продольной системы набора палубы, бортов и днища в средней части в сочетании с увеличением поперечной шпации и одновременном уменьшении шпации продольного набора обеспечило более полное участие пла-

стин корпуса в общем изгибе и лучшее восприятие локальных нагрузок при швартовках, сохранение приемлемого внешнего вида.

Трюма выполнены ящичной формы, гладкостенными, удобными для проведения грузовых работ и размещения груза без штивки. Размер грузового трюма № 1 – $27,90 \times 12,7 \times 8,86$ м; грузовых трюмов № 2 и 3 – $28,60 \times 12,7 \times 8,86$ м, что гарантирует размещение трех ярусов контейнеров международного стандарта высотой до 9 футов.

Грузовые трюма оборудованы съёмными люковыми закрытиями типа "Lift away". Открываются и закрываются секции при помощи козлового крана, расположенного "по-походному" у носовой переборки жилой рубки.

Расчетная нагрузка на люковые крышки составляет $3,50 \text{ т/м}^2$ (трюм 1) и $2,60 \text{ т/м}^2$ (трюма 2 и 3), что соответствует новым требованиям Международной Конвенции о грузовой марке и дает возможность размещения на них каравана лесных грузов высотой 2,5 м или одного яруса контейнеров максимальной массы.

Теоретический корпус судна, полученный с помощью современных методов CFD-моделирования на основе создания параметрической трехмерной модели поверхности, имеет цилиндрическую вставку протяженностью $0,588L$, коэффициент общей полноты 0,851, коэффициент полноты ЛГВЛ – 0,913. Форма бульбовой носовой оконечности оптимизирована с целью уменьшения сопротивления и достижения судном максимально возможной при выбранном пропульсивном комплексе скорости. При проведении CFD-моделирования рассматривались несколько вариантов носовой оконечности, в том числе с наклонным форштевнем (без бульба). Корма спроектирована с учетом необходимости размещения одновального пропульсивного комплекса и оптимизирована для обеспечения нормальной работы винтового комплекса.

Для определения буксировочного сопротивления и мощности, а также характеристик поля скоростей номинального потока, использовались методы вычислительной гидромеханики [1]. Коэффициенты взаимодействия системы "корпус - движитель" рассчитывались по эмпирическим формулам Тейлора, причем коэффициент попутного потока корректировался с учетом результатов изучения поля скоростей в районе установки гребного винта по данным численного расчета буксировочного сопротивления.

При скорости 11,5 узлов применение бульба позволило получить выигрыш в буксировочном сопротивлении 3,8 %, по мощности 4,7 %, при скорости 12,5 узлов – 4,8 и 6,2 % соответственно при пропульсивном коэффициенте 0,59 и водоизмещении по ЛГВЛ на 30 м^3 больше.

Движение и управляемость судна обеспечивается одним винтом

регулируемого шага диаметром 3,40 м и рулем фирмы Роллс-Ройс с закрылком типа "Бекер". Площадь пера руля – 8,4¹ м², наибольший угол поворота руля – 45°, закрылка – 37,6° дополнительно.

Проведенные 22.10.2006 на Куйбышевском водохранилище испытания зафиксировали на переднем ходу при 85 % максимальной длительной мощности (МДМ) скорость 12,5 узлов.

При проведении инерционных испытаний с полного заднего на полный передний ход тормозной путь составил 565,0 м (4,64L), время торможения 3 мин 15 с.

При проведении маневров типа "зиг-заг" установлено, что при перекладке руля в 10° первый угол зарыскивания составляет 5,2°, второй – 10,2°, среднее время одерживания – 34 с. При перекладке руля в 20° – 9,5°, 15,9° и 35 с соответственно.

При проведении циркуляционных испытаний было определено, что при перекладке руля на 35° на ПБ диаметр установившейся циркуляции составил 140 м (1,2L), угловая скорость поворота – 80,1 град/мин; на ЛБ 153 м (1,3L) и 80,1 град/мин соответственно.

Маневренные характеристики судна не только удовлетворяют стандартам ИМО, но и вполне безопасны при работе на внутренних водных путях.

Согласно рис. 3 маневр "циркуляция" судна проекта RSD17 требует меньшей акватории, чем суда "Волго-Дон макс" класса с двухвальными установками классического типа (RSD19), с поворотными насадками (проекты 1565) и даже с полноповоротными винто-рулевыми колонками (006RSD05).

Корпус судна спроектирован на класс ЛУ2, который предполагает круглогодичное плавание в незамерзающих морях, в мелкобитом разреженном льду неарктических морей (эпизодическое самостоятельное плавание в мелкобитом разреженном льду толщиной 0,55 м со скоростью 5 узлов; плавание в канале за ледоколом в сплошном льду толщиной 0,50 м со скоростью 3 узла). Расчетная температура наружного воздуха + 30° С при влажности 65 % летом и при – 20° С влажность 85 % зимой, воды от + 27° до 0° С соответственно.

В качестве материала основных конструкций корпуса применяется судостроительная сталь категорий РСД и РСА. Верхняя часть непрерывных продольных комингсов люков и верхняя палуба выполнены из судостроительной стали категории РСД32 с пределом текучести 315 МПа. Элементы конструкций палуб бака и юта, жилая надстройка – из стали категории РСА.

¹ При рекомендуемой площади пера руля 5,7 м²

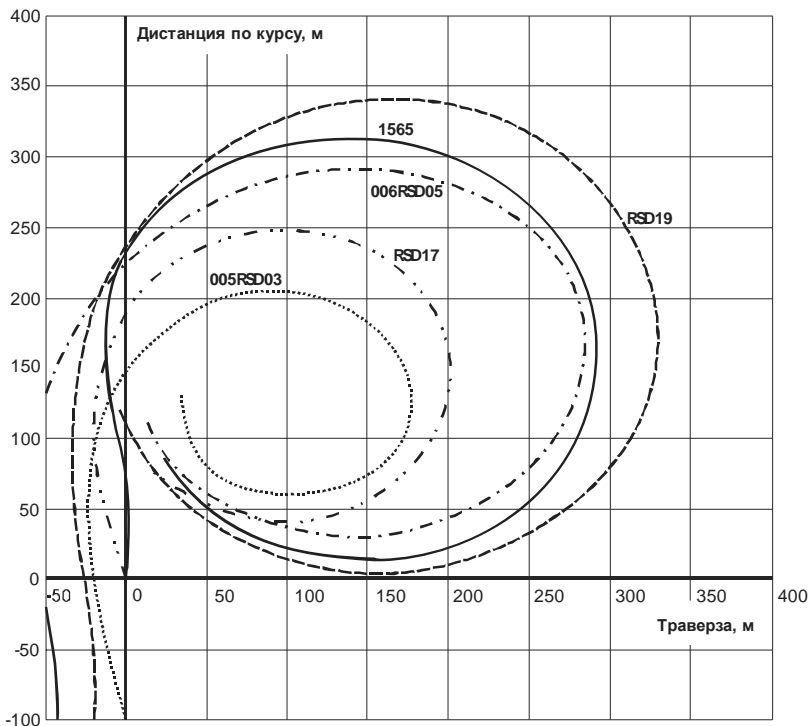


Рис. 3. Сравнение маневра "циркуляция" с перекладкой руля на 35 градусов

Корпус имеет двойное дно, двойные борта, главную и верхнюю палубы с шириной раскрытия $0,77B$, непрерывные продольные комингсы грузовых люков высотой 3620 мм (от главной палубы).

Продольные комингсы грузового трюма установлены в плоскости продольных переборок трюма. За счет применения высоких непрерывных комингсов люков удалось обеспечить повышение стандарта общей прочности при увеличении грузоподъемности в море и грузоемкости.

Поперечные переборки выполнены гофрированными. Верхняя и главная палубы, днище и второе дно, борт и второй борт выполняются по продольной системе набора, в оконечностях и машинном отделении – по поперечной системе набора.

Второе дно рассчитано на интенсивность распределенной нагрузки $10,0 \text{ т/м}^2$, а также на работу грейфером.

Исходя из результатов расчетного определения сопротивления судна, для главной энергетической установки выбран среднеоборот-

ный дизель марки 6R32LN фирмы "Wartsila" со спецификационной МДМ 2450 кВт. Главный двигатель работает на тяжелом и дизельном топливе.

Запасы топлива размещаются в диптанках в районе носовой переборки МО.

Электроэнергетическая установка сухогруза состоит из валогенератора мощностью 500 кВт, двух дизель-генераторов мощностью по 292 кВт и одного аварийного дизель-генератора мощностью 160 кВт. Приводные двигатели генераторов работают на дизельном топливе.

Установленный на судне валогенератор снабжен функцией резервирования передачи мощности на гребной вал судна при аварии главного двигателя (функция РТО/РТИ), то есть валогенератор может работать как электродвигатель, используя электроэнергию, вырабатываемую дизель-генераторами (рис. 4). Ходовые испытания показали, что в режиме хода под валогенератором судно достигает скорости около 6 узлов.

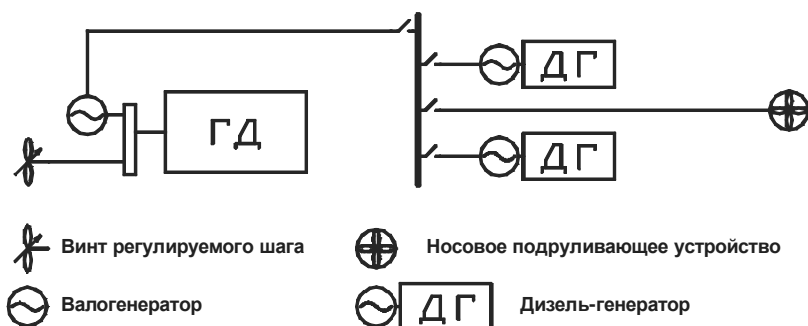


Рис. 4. Схема использования валогенератора в качестве резервного двигателя

Таким образом, обеспечивается сохранение хода и возможности маневрировать в случае выхода из строя главного двигателя. Данный режим также может быть использован, когда нужен самый малый ход (например, при входе в порт и при швартовке). Кроме того, при непродолжительной работе судна в пределах района контроля выбросов SOx, движение судна может обеспечиваться дизель-генераторами, работающими на малосернистом дизельном топливе. В таком случае нет необходимости переводить главный двигатель с тяжёлого высокосернистого топлива на малосернистое.

Состав средств связи предусмотрен в объеме требований Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ) для морских районов А1+А2+А3. Комплекс совре-

менного судового радиоборудования обеспечивает связь при бедствиях и безопасность мореплавания, а также эксплуатационную связь общего назначения.

Гирокомпас с репитерами, главный магнитный компас, лаг, эхолот, приемоиндикатор GPS, две радиолокационные станции, а также АИС обеспечивают судоводителя и системы-потребители навигационной информацией.

Для приема и выдачи балласта на судне имеется балластно-осушительная система, обслуживаемая двумя электроприводными центробежными насосами и двумя водоструйными эжекторами. Одновременная работа этих средств дает возможность откачать весь балласт не более чем за 7 ч.

Смена балласта в море осуществляется без использования воздушных головок через специальный трубопровод для выдачи балласта.

Управление судном, главной энергетической установкой, винто-рулевым комплексом, подруливающим устройством, радионавигационными средствами осуществляется из центрального объединенного поста управления в рулевой рубке. Автоматизированная система предусматривает управление судном без несения постоянной вахты в машинном отделении. Объем и степень автоматизации технических средств судна соответствует знаку автоматизации А1 в символе класса судна в соответствии с Правилами РС.

Представляет интерес сопоставление технико-эксплуатационных характеристик судна проекта RSD17 с соответствующими характеристиками наиболее близких судов-аналогов – судов типа "Кишинев" (пр. 1572), судов типа "Василий Шукшин" (пр. 1588) и судов типа "Русич" (пр. 00101).

Согласно табл. 2 при характеристической осадке 4,50 м коэффициент использования водоизмещения по дедвейту больше на 2,3 %, чем у пр. 00101 и на 4,9 % больше, чем у пр. 1572. При осадке по ЛГВЛ энергозатраты на единицу транспортной производительности меньше на 7,1 %, чем у лучшего из судов-аналогов – пр. 1572. В сочетании с большим объемом трюмов (на 15,8 % больше, чем у пр. 00101), наличием экономичной одновальной установки, работающей на тяжелом топливе, суда пр. RSD17 являются лучшими судами своего класса.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что поставленная цель – создание эффективного проекта сухогрузных судов класса "азовских пятитысячников" достигнута. Многоцелевой сухогруз "Мирзага Халилов" (строительный номер 03001) стал первым в истории российского судостроения судном, которому в символ класса Российского морского Регистра судоходства (РС) внесен знак экологической безопасности "ЭКО".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишнеvский Л.И., Егоров Г.В., Станков Б.Н., Печенюк А.В. Проектирование пропульсивного комплекса судна ограниченного района плавания на базе современных методов вычислительной гидродинамики // Судостроение. – 2006. - № 2. – С. 27 – 31.
2. Егоров Г.В. Принципы создания нового поколения транспортных судов ограниченных районов плавания // Сборник трудов 7 междунар. конф. по судостроению, судоходству "Нева 2003". – С.Пб, 2003. – С. 29 – 32.
3. Егоров Г.В. "Линейка" многоцелевых сухогрузных судов Морского Инженерного Бюро // Морская биржа. – 2005. - № 4 (14). – С. 10 – 16.
4. Егоров Г.В. Особенности конструкций корпусов судов ограниченных районов плавания нового поколения // Вопросы динамической прочности, вибрации и безопасности эксплуатации корпусов судов: труды ЦНИИ им акад. А.Н. Крылова. – 2005. – Вып. 21(305). – С. 126 – 143.