

**СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА**

**SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY
OF THE SHIP**

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi72.275

**Влияние параметров оптимизационной модели на основные
характеристики архитектурно-конструктивного типа
комбинированного судна**

И.А. Гуляев¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2602-3115>

Е.П. Роннов²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3022-1926>

Ю.А. Кочнев²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6864-4473>

¹*Российский Речной Регистр, г. Москва, Россия*

²*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация Перевозка наливных грузов на специализированных судах имеет недостаток в виде невозможности обратной загрузки. Это, прежде всего, связано с невозможностью размещения сухих грузов обратного рейса в грузовых танках как с точки зрения необходимости зачистки последних, так и с точки зрения доступа в грузовые танки с габаритными или сыпучими грузами. Решить обозначенную проблему можно с применением специализированных грузовых комбинированных судов, которые имеют как отдельные грузовые помещения для сухого груза обратно загрузки, так и традиционные танки для перевозки жидких нефтепродуктов. Приведённое конструктивное решение снижает грузоподъемность по нефтепродукту по сравнению с «чистым» танкером из-за повышения массы корпуса, а также из-за ограничения допустимой вместимости, поскольку, особенно для речных судов и судов смешанного (река-море) плавания, отсутствует возможность увеличения габаритов судна. В статье приведена математическая модель и результаты тестовых расчётов по выбору архитектурно-конструктивного типа грузового комбинированного судна для внутренних и смешанных (река-море) перевозок. Показано, что наибольшие перспективы имеют так называемые суда-площадки как по приносимой прибыли судовладельцу, так и по минимальным эксплуатационным затратам.

Ключевые слова: комбинированное грузовое судно, танкер-площадка, математическая модель, архитектурно-конструктивный тип судна.

Influence of optimization model parameters on the main characteristics of the architectural and structural type of the combined vessel

Иля А. Гуляев¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2602-3115>

Evgeniy P. Ronnov²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3022-1926>

Yuri A. Kochnev²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6864-4473>

¹*Russian River Register, Moscow, Russia*

²*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Abstract. Transportation of liquid cargo on specialized vessels has the disadvantage of not being able to reload. This is primarily due to the impossibility of placing dry cargo on the return trip in cargo tanks, both from the point of view of the need to clean up the latter, and from the point of view of access to cargo tanks with bulky or bulk cargo. This problem can be solved with the use of specialized cargo combined vessels, which have separate cargo spaces for dry cargo back loading, and traditional tanks for the transportation of liquid petroleum products. The above design solution reduces the carrying capacity of petroleum products in comparison with a "clean" tanker due to an increase in the weight of the hull, as well as due to the limitation of the permissible capacity, since, especially for river vessels and vessels of mixed (river-sea) navigation, there is no possibility of increasing the dimensions of the vessel. The article presents a mathematical model and the results of test calculations for the choice of an architectural and structural type of cargo combined vessel for inland and mixed (river-sea) transportation. It is shown that the so-called platform vessels have the greatest prospects both in terms of the profit they bring to the shipowner and in terms of minimum operating costs.

Keywords: combined cargo vessel, tanker platform, mathematical model, architectural and structural type of vessel

Введение

При перевозке наливных грузов и в частности, нефти и нефтепродуктов специализированными судами – нефтеналивными танкерами, значительная часть времени эксплуатации приходится на балластные переходы. Это является следствием непригодности танкеров к перевозке в обратном рейсе навалочных и насыпных или тарно-штучных грузов, что отрицательно сказывается на их транспортной экономической эффективности.

В мировой практике судоходства используются так называемые комбинированные суда, способные перевозить, как наливные, так и сухие навалочные либо тарно-штучные грузы.

Появлению комбинированных судов способствовало наличие грузопотоков, когда перевозка нефтепродуктов в прямом направлении сочетается с перевозкой навалочных грузов в обратном рейсе. Исходя из основной характеристики архитектурно-конструктивного типа (АКТ) судна – конструктивного типа корпуса в работе [1] дана классификация по типу и назначению морских комбинированных судов:

- нефтерудовозы типа ОО (Ore/Oil carrier);
- нефтенавалочники типа ОВ (Oil/Bulk carrier);
- нефтенавалочники - рудовозы типа ОВО (Oil/Bulk/Ore carrier);
- комбинированные суда типа ВОВО (Bulk/oil/ro ship);
- комбинированные суда типа танкер/площадка.

Нефтерудовозы типа ОО перевозят нефть в бортовых танках, а руду – в относительно узких гладкостенных центральных трюмах, имеющих второе дно (рис. 1). Одновременно они могут иметь ряд грузовых танков под нефть и среди центральных трюмов, в которых второе дно может отсутствовать. Данные типы являются наиболее старыми из комбинированных судов и из-за отсутствия второго дна и вторых бортов в грузовых танках имеют проблемы по районам эксплуатации.



Рис. 1. Схема поперечного сечения нефтерудовоза типа ОО ограниченного плавания

Нефтенавалочники типа ОВ по конструкции трюмов близки к нефтерудовозам типа ОО, но только в центральных трюмах перевозят относительно легкие навалочные грузы, а не руду.

Нефтенавалочники - рудовозы типа ОВО (рис. 2) имеют отделённые друг от друга трюмы-танки с люковыми крышками. Это позволяет использовать эти грузовые помещения под сухой груз, выполняя грузовые операции при открытых люковых крышках. В то же время их полное закрытие и система погружных насосов делают эти трюмы танками для перевозки нефтеналивного груза.



Рис. 2. Рудовозы типа ОВО

Комбинированные суда типа ВОРО нефть перевозят в танках в корпусе, а в грузовых помещениях твиндека – навалочные и генеральный груз накатом.

Рассмотренные конструктивные типы корпуса труднореализуемы на комбинированных судах внутреннего и смешанного (река-море) плавания из-за известных ограничений на их главные размерения габаритами судового хода. Вопросы возникают не столько инженерной, сколько экономической целесообразности, так как в этом случае уменьшается относительная вместимость грузовых помещений по основному (жидкому) и обратному (сухому) грузу, по сравнению с объемом корпуса в грузовом районе судна.

В отечественной практике имеется большой опыт постройки и эксплуатации нефтерудовозов проектов 1553, 1570 и 15790, которые по конструкции корпуса в грузовом районе и грузовых помещений соответствуют нефтерудовозам типа ОО и ОВ. Однако отсутствие вторых бортов и второго дна в районе нефтеналивных грузовых танков в свете требований экологической безопасности сделало их эксплуатацию в настоящее время невозможной.

В России в настоящее время нашел применение и используется АКТ комбинированного судна – танкер/площадка. Наливной груз на них размещается как в обычном танкере в корпусе, а сухой – обратной загрузки, на палубной грузовой площадке, освобожденной от палубных судовых устройств и систем танкера над танками (рис. 3).

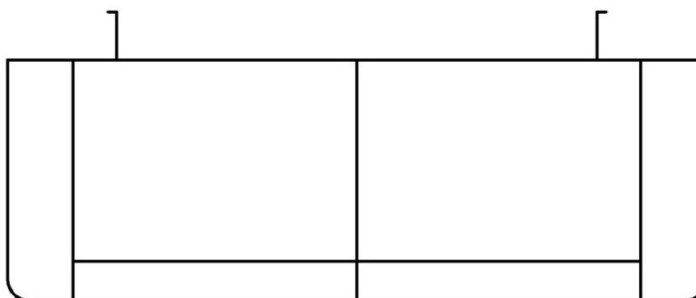


Рис. 3. Схема поперечного сечения танкера/площадки

Можно предположить, что рассмотренные выше конструктивные типы комбинированных судов при условии их соответствия требованиям Технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта [2] и, прежде всего, наличия вторых бортов и второго дна в нефтеналивных танках, могли бы найти применение в определенных условиях эксплуатации на внутренних и смешанных (река-море) перевозках. Такие условия должны оптимальным образом сочетать соотношение фрахта и грузоподъемностей по жидкому и сухому грузу, характеристики прямой и обратной линии перевозки грузов, производительность погрузо-разгрузочных работ, размеры партий грузов и др.

Исходя из этого, в общем случае для заданной линии, характеризующейся известным прямым и обратным грузопотоком и отмеченными выше особенностями, возникает задача определения наилучшего из возможных конструктивного типа комбинированного судна с наибольшими для данной линии главными размерениями, при которых экономическая эффективность перевозок за навигацию будет выше по сравнению с перевозкой только груза прямого рейса нефтеналивным танкером таких же размерений.

Данная задача может рассматриваться и в другом варианте – с расчетом и анализом эффективности комбинированного судна наибольших размерений и грузоподъемности для данной линии по результатам одного рейса. Такое решение по выводам может быть адекватно решению прямой задачи, поскольку грузоподъемность в конкретных условиях эксплуатации при перевозке массовых грузов принимают наибольшей.

Математическая формулировка задачи оптимизации в обобщенном виде следующая:

при известном векторе оптимизируемых параметров X , векторе исходных данных Y и векторе нормативно-технических требований Z найти оптимизируемое значение вектора варьируемых параметров

$$X(x_1, x_2, \dots) \rightarrow opt,$$

при котором целевая функция принимает экстремальное значение

$$F(X, Y, Z) \rightarrow \max(\min),$$

и выполняются ограничения, характеризующие выполнение навигационных и эксплуатационно-технических качеств судна

$$G_j(X, Y, Z) = 0 \quad j = 1, 2, \dots, m_e,$$

$$G_j(X, Y, Z) \leq 0 \quad j = m_e + 1, \dots, m,$$

а также требования к переменным

$$X_{\min} \leq X_i \leq X_{\max} \quad i = 1, \dots, n.$$

Ограничения в виде строгих равенств представлены в виде уравнений плавучести, баланса масс, ходкости. Уравнения вместимости, продольной прочности, устойчивости надводного борта определяют их минимально необходимый уровень и представлены в форме неравенств.

В таблице 1 приведены характеристики математических моделей рассматриваемых задач.

Таблица 1

Характеристики математических моделей

Составляющие модели	Модель оптимизации АКТ	Модель оптимизации элементов комбинированного судна	Модель оптимизации элементов танкера
Целевая функция	$\Pi = F(X, Y, Z)$ $\rightarrow \max$ или $\bar{Z} = F'(X, Y, Z)$ $\rightarrow \min$	$\Pi = F(X, Y, Z)$ $\rightarrow \max$	$\Pi_T = F(X, Y, Z)$ $\rightarrow \max$
Варьируемые переменные	$x_1 = AKT,$ $x_2 = P_{CG}/P_{Ж},$ $x_3 = \Phi_{CG}/\Phi_{Ж},$	$x_1 = P_{CG}/P_{Ж},$ $x_2 = \Phi_{CG}/\Phi_{Ж},$ $x_3 = L/B,$ $x_4 = B/T,$ $x_5 = \delta,$ $x_6 = v$	$x_1 = L/B,$ $x_2 = B/T,$ $x_3 = \delta,$ $x_4 = v$
Ограничения		$D - \sum P = 0,$ $D - \rho g V = 0,$ $P_e - R = 0,$ $W - V_{mp} < 0,$	

	$T - T_{\max} < 0,$ $H - H_{\min} > 0, \text{ и др}$
--	--

По существу, задача сводится к определению наиболее эффективного типа комбинированного судна по сравнению с нефтеналивным танкером тех же размерений и работающим без обратной загрузки. Комбинированное судно в силу конструктивных особенностей имеет меньшую грузоподъемность по основному нефтеналивному грузу по сравнению с танкером. Поэтому варьируемые величины и критерий эффективности приняты в долях от соответствующих величин исходного танкера. Так, принятая в качестве целевой функции величина прибыли используется в данной задаче в относительном виде

$$\Pi = \frac{\Pi_{Ki}}{\Pi_T}, \tag{1}$$

где Π_{Ki} – расчётное значение прибыли, получаемое комбинированным судном на i -ом шаге итерации по АКТ;

Π_T – расчётное значение прибыли нефтеналивного танкера с аналогичными размерениями.

Соответственно, варьируемые величины, а именно – грузоподъемность по сухому грузу обратной загрузки и фрахт по нему имеют вид

$$\overline{P_c} = \frac{P_c}{P_n} \text{ и } \Phi = \frac{F_c}{F_n}, \tag{2}$$

где P_c, F_c – грузоподъемность и фрахт комбинированного судна по сухому грузу обратной загрузки соответственно;

P_n, F_n – грузоподъемность комбинированного судна и фрахт за перевозку нефтегруза соответственно.

На рисунке 4 приведена укрупнённая блок-схема задачи оптимизации АКТ комбинированного судна, которая показывает алгоритм решения и содержание математической модели судна.

Генерирование теоретического чертежа выполняется по алгоритму, в основе которого лежит аффинное преобразование координат теоретического чертежа корпуса судна-аналога с требуемыми параметрами формы корпуса [3,4]

$$S = f(X_i, Y_{i,j}, Z_j),$$

где $X_i = \frac{L}{2} - i \times \frac{L}{20}, i = 0, 1, 2, \dots, 20$ – абсциссы теоретических шпангоутов;

$Z_j, j = 0, 1, 2, \dots$ – аппликаты теоретических ватерлиний;

$Y_{i,j} = \overline{Y_{i,j}} \frac{B}{2}$ – ординаты теоретических шпангоутов;

Относительная ордината судовой поверхности $\overline{Y_{i,j}}$ для i -ого теоретического шпангоута, j -ой теоретической ватерлинии, определяемая по формуле

$$\overline{Y_{i,j}} = \sum_{k=1}^{k=4} \left\{ \left(\overline{Y_{i,j}} \right)_k \times s_k \right\},$$

где $\overline{Y_{i,j}}$ – относительная ордината судовой поверхности корпусов судов прототипов;

s_k – интерполяционный множитель, равный

$$s_k = f(\delta, x_c, \delta_k, x_{ck}),$$

x_{ck}, δ_k – относительная абсцисса центра величины и коэффициента полноты корпусов базовых судов;

x_c, δ – исходные значения относительной абсциссы центра величины и коэффициента общей полноты.

Схема набора корпуса и проектирование холостых и рамных балок набора выполняется в соответствии с требованиями [5] при смешанной системе набора в средней части корпуса. Корректировка размеров связей производится после проверки прочности. Методика поэтапного расчёта массы металлического корпуса приведена в [6]. Особенности расчёта сопротивления воды на стадии исследовательского проектирования, связанные с возможностью проектирования «сверхполных» судов дана в [7]. После определения гидродинамических характеристик движителя и выбора двигателя выполняется расчёт нагрузки масс [8] и проверка остойчивости и непотопляемости с использованием методик [9] и [10].

Строительная стоимость судна рассчитывается исходя из стоимости материалов, трудоёмкости изготовления, зарплаты основного и вспомогательного персонала, налоговых отчислений и нормы прибыли.

При расчёте элементов рейса определяется ходовое время, время погрузки и выгрузки, ожидания грузовых работ и манёвров. Эксплуатационные расходы и доходы рассчитывались по общепринятым схемам с использованием среднеотраслевых на речном транспорте нормативов.

На языке Fortran [11] разработано программное обеспечение, реализующее приведённый выше алгоритм, для различных типов АКТ комбинированного судна и «чистого» танкера, позволяющее оптимизировать как главные элементы рассматриваемых судов, так и их конструктивный тип при принятых значениях основных проектных элементов.

Чтобы проанализировать зависимость АКТ от конкретных условий перевозки основного и обратного груза и сопоставить их с традиционной работой нефтеналивного судна, были выполнены тестовые расчёты отдельно по каждому возможному типу этих судов. Перед анализом результатов тестовых расчётов следует сделать некоторые дополнительные пояснения, связанные с особенностью математической модели.

Для обеспечения корректности анализа эффективности комбинированного судна в зависимости от его архитектурно-конструктивного типа сопоставляемые суда, начиная от базового нефтеналивного танкера, имеют одинаковые с ним главные размерения $L \times B \times H$ и форму корпуса. Для обеспечения заданной или хотя бы близкой грузоподъемности по жидкому наливному грузу, такой же как у базового танкера, у комбинированного судна типа бункерного ОВ и трюмного ОВО из-за наличия в корпусе грузовых помещений соответствующих размеров под сухой груз, математической моделью предусматривается возможность увеличения высоты борта. При этом учитываются соответствующие ограничения по обеспечению габаритных размеров судна по высоте, размеров непросматриваемой зоны по курсу судна, остойчивости и безусловном увеличении массы корпуса и сохранения осадки.

На комбинированных судах типа нефтерудовоз ОО и ОВ, но с вторыми бортами и вторым дном, по сравнению с нефтеналивным танкером тех же размеров, несмотря на возможность некоторого увеличения высоты борта, может уменьшаться объем грузовых помещений под основной наливной груз, грузоподъемность по нему и доходность по прямому рейсу. Компенсировать это можно, если фрахт и перевозимое количество обратного сухого груза дадут соответствующий доход. Подчеркнем, что грузоподъемность по сухому грузу зависит не только от объема грузового трюма, но и от величины удельного погрузочного объема груза – объема, занимаемого одной тонной груза. Поэтому масса обратного груза может быть больше уменьшаемой грузоподъемности по наливному грузу прямого рейса, что положительно сказывается на доходности обратного рейса. Это обстоятельство наряду с тем, что объем танков под наливной груз и, следовательно, его масса несколько меньше чем у «чистого» танкера, даже при умеренных фрахтах за сухой груз может делать комбинированное судно более эффективным.

Такие проблемы на комбинированном судне типа танкер/площадка практически отсутствуют, так как наливной груз размещается, как и у танкера в корпусе, а сухой груз на палубной грузовой площадке. Необходимый объем палубного грузового помещения до определённого значения обеспечивается за счёт высоты его ограждения.

Недостатком данного типа комбинированных судов является открытая грузовая площадка, что позволяет возить только грузы открытого хранения при соответствующих ограничениях по разряду водного пути. Устройство люковых закрытий грузовой площадки уменьшает грузоподъемность и требует дополнительной конструктивной проработки.

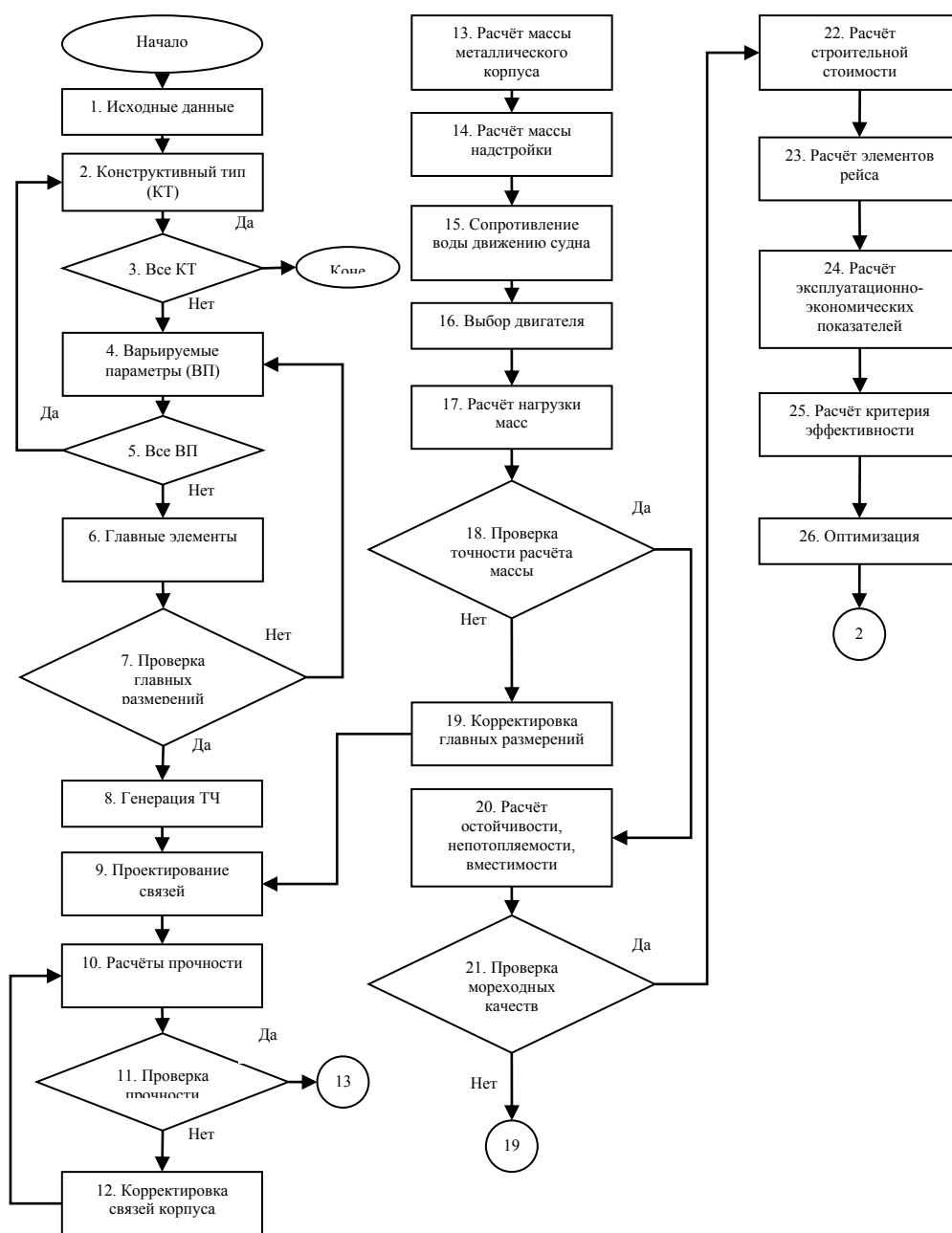


Рис. 4. Укрупнённая блок-схема оптимизации комбинированного судна

Анализ соотношений грузоподъёмностей по сухому и наливному грузу позволяет заключить, что для всех типов комбинированных судов на начальных стадиях проектирования можно считать, что достигаются примерно одинаковые характеристики по весовой отдаче по перевозимому грузу и мощности энергетической установки. Следовательно, эффективность этих судов по критерию прибыль не должна существенно различаться. Подтверждают это предположение результаты тестовых расчётов, приведённые на рисунках (рис. 5).

На рисунке показаны зависимость относительной прибыли, принятой в форме (1), от соотношения количества прямого (нефтепродукты) P_H и обратного (сухого) P_C груза и их относительного фрахта, принятого в форме (2), для рассматриваемых типов комбинированных судов с проектными элементами и характеристиками как у сопоставляемого танкера грузоподъемностью 5000 т.

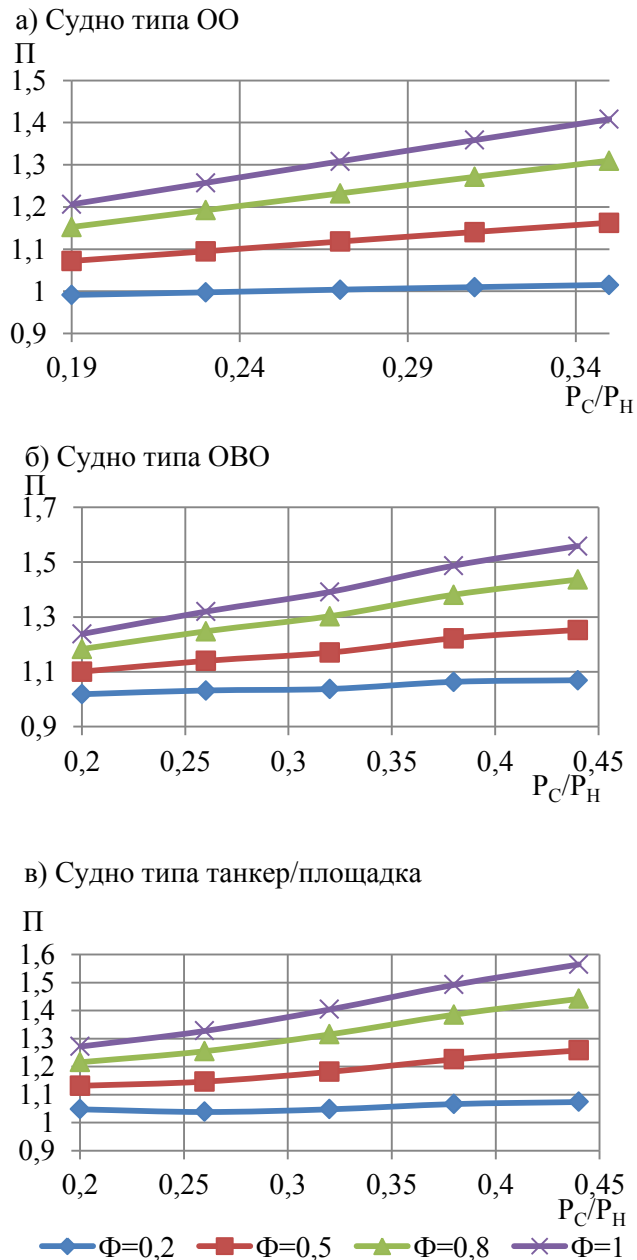


Рис. 5. Эффективность различных АКТ комбинированных судов в зависимости от грузоподъемности и фрахтовой ставки по сухому грузу, в сравнении с нефтеналивным танкером

Из графиков видно, что комбинированные суда во всем диапазоне соотношений количества наливного и сухого (обратной загрузки) груза при увеличении доли последнего и сохранении грузоподъемности по наливному за счёт увеличения высоты борта повышают свою эффективность. То есть их прибыль, по сравнению с танкером тех же размеров и грузоподъемности возрастает. Это естественная тенденция сохраняется во всем диапазоне роста фрахтовых ставок за обратный груз.

Из приведённых на рисунке 5 зависимостей можно сделать практический вывод: для достижения наибольшей эффективности комбинированного судна по сравнению с танкером грузоподъемность по сухому грузу обратной загрузки должна составлять не менее 30% от грузоподъемности по основному нефтеналивному грузу. При этом относительная фрахтовая ставка по условию устойчивого достижения положительного эффекта должна быть не менее 0,5 от фрахта по нефтеналивному грузу.

Некоторое преимущество по критерию прибыль имеют комбинированные суда типа танкер/площадка (рис. 6), где показана их эффективность по уровню прибыли при наиболее реальной фрахтовой ставке применительно к грузопотокам в Ленском бассейне.

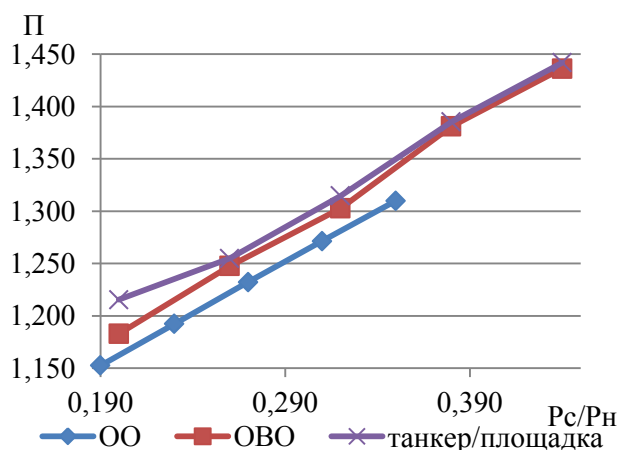


Рис. 6. Эффективность различных АКТ комбинированных судов при относительной фрахтовой ставке по сухому грузу 0,8 от ставки по наливному грузу

Примерно такие же результаты и выводы получены при анализе комбинированных судов тех же АКТ в сопоставлении с танкерами грузоподъемностью 3500 и 2700 т.

Однако следует иметь в виду, что в силу конструктивных особенностей масса металлического корпуса, судовых систем и устройств, трудоемкость постройки приводят к увеличению эксплуатационных расходов. Поэтому целесообразно при обосновании АКТ комбинированного судна в качестве критерия рассматривать стоимостной показатель, например приведённые затраты

$$Z_{np} = \mathcal{E}_P + K \times C$$

где \mathcal{E}_P – эксплуатационные расходы за расчётный период;

C – строительная стоимость судна;

K – коэффициент эффективности капиталовложений.

На рисунке 7 показан график зависимости приведённых затрат комбинированных судов рассматриваемых АКТ, отнесенных к аналогичным затратам нефтеналивного

танкера грузоподъемностью 5000 т. Из графика следует, что имеет место зона по величине обратной загрузки $P_C/P_H < 0,27$, где суда типа ОВ и ОВО имеют преимущество по затратам над АКТ танкера/площадки. В то же время при $P_C/P_H > 0,48$ примерно одинаковая прибыль достигается судном с этим АКТ при меньших затратах.

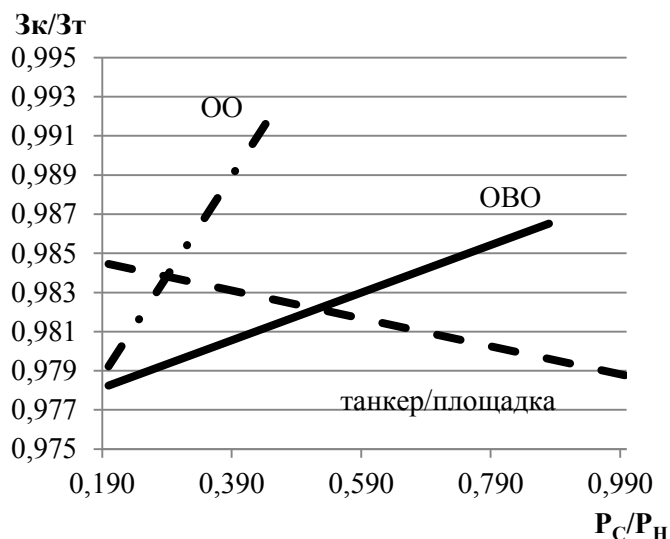


Рис. 7. Зависимость относительной величины приведенных затрат комбинированного судна от соотношения обратной загрузки

Следует еще раз обратить внимание на то, что приведенные выше зависимости и выводы сделаны при условии, что при одинаковой длине и ширине, грузоподъемность по наливному грузу комбинированных судов типа ОО и ОВО, обеспечивается за счёт соответствующего увеличения высоты борта.

Если и высоту борта сохранять «танкерной», то при увеличении доли сухого груза соответственно будет уменьшаться объем нефтеналивных танков комбинированных судов типа ОО и ОВО и доходность по прямому рейсу. В этом случае их зависимость эффективности по сравнению с танкером существенно изменяется (рис. 8). Реальная эффективность имеет место при доле сухого груза не более 22% и относительной фрахтовой ставке более 0,8.

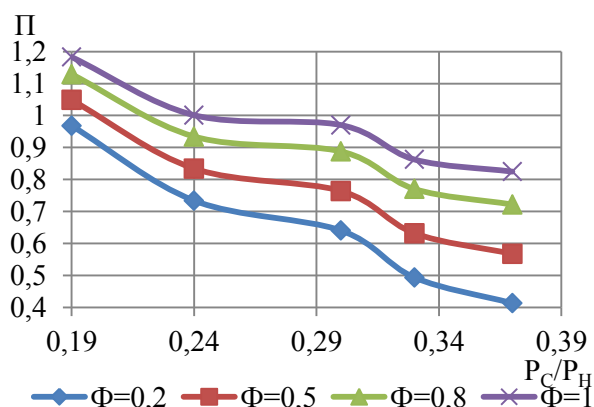


Рис. 8. Эффективность комбинированного судна типа ОО по сравнению с танкером грузоподъемностью 5000 т при условии фиксированной высоты борта

Выводы

Выполненные тестовые расчёты показали работоспособность программы оптимизации АКТ комбинированного судна и её адекватность. В сопоставимых условиях эксплуатации и стабильности обратной загрузки комбинированные суда рассматриваемых АКТ по критерию прибыль примерно одинаковые и эффективнее танкера тех же размеров, при условии сохранения их грузоподъёмности по наливному грузу прямого рейса. В этом случае можно решать задачу оптимизации АКТ на базе конкретного типа комбинированного судна, выбрав его с учетом особенностей грузопотока и эксплуатации. Однако по стоимостному показателю, например, по величине приведенных затрат либо времени окупаемости судна более широкий диапазон менее затратной применимости имеют суда типа танкер/площадка.

Трюмное комбинированное судно имеет более сложные решения по конструкции корпуса, общесудовым системам и устройствам. Но оно может при определённых условиях оказаться более конкурентоспособным, исходя из возможности обеспечения общей прочности за счёт рационального распределения грузовых помещений по длине.

При условии фиксирования высоты борта судов типа ОВО и ОО такой же, как и у исходного танкера, преимущество комбинированного судна типа танкер/площадка явное и существенное.

Список литературы

1. И.А. Гуляев. Классификация и архитектурно-конструктивные особенности комбинированных судов / Гуляев И.А., Роннов Е.П. // Научные проблемы водного транспорта, 62, 2020 – с. 40-50
2. Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта (с изменениями на 6 августа 2020 года). Утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 12 августа 2010 г. N 623
3. Coons S.A. Surfaces for computer-aided design of space forms. Computer Science. Published 1 June 1967
4. Давыдова С.В. Автоматизация генерации ординат теоретического чертежа интерполяционным методом // Вестник «ВГАВТ» №56, 2018 –
5. Правила классификации и постройки судов. [Режим доступа]: <https://www.rivreg.ru/assets/Uploads/izveshenia/Rossiyskiy-Rechnoy-Registr.-PRAVILA-2019.-May-2021.pdf>

6. Роннов Е.П. Математическая модель расчёта массы металлического корпуса комбинированного судна / Е.П. Роннов, И.А. Гуляев, Ю.А. Кочнев // Научные проблемы водного транспорта, Выпуск 63, 2020 – с. 48-54
7. Гуляев И.А. Прогнозирование сопротивления движению грузовых комбинированных судов в задаче их оптимизации / И.А. Гуляев, Ю.А. Кочнев // Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек, Нижний Новгород, 2020 г.
8. Гуляев И.А. Математическая модель расчёта массы металлического корпуса комбинированного судна / Е.П. Роннов, И.А. Гуляев, Ю.А. Кочнев // Научные проблемы водного транспорта, Выпуск 63, 2020 – с. 48-54
9. Гуляев И.А. Анализ устойчивости комбинированных судов на стадии исследовательского проектирования / Е.П. Роннов, И.А. Гуляев // Научные проблемы водного транспорта. 2021. № 66. – с. 29-35. DOI: 10.37890/jwt.vi66.158
10. Роннов Е.П. Особенности назначения надводного борта судов смешанного плавания из условия запаса плавучести / Е.П. Роннов, Ю.А. Кочнев // Труды 18-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2016. Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек. Интернет журнал широкой научной тематики. Выпуск 5, 2016 г. [Электронная версия]
11. Бартедьев, О.В. Фортран для профессионалов. Математическая библиотека IMSL / О.В. Бартедьев. – Выпуск 3.

References

1. I.A. Guljaev, E.P. Ronnov. Klassifikacija i arhitekturno-konstruktivnye osobennosti kombinirovannyh sudov . Nauchnye problemy vodnogo transporta, 62, 2020, s. 40-50
2. Tehnicheskij reglament o bezopasnosti ob'ektov vnutrennego vodnogo transporta (s izmenenijami na 6 avgusta 2020 goda). Utverzhden Postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 12 avgusta 2010 g. N 623
3. Coons S.A. Surfaces for computer-aided design of space forms. Computer Science. Published 1 June 1967
4. Davydova S.V. Avtomatizacija generacii ordinat teoreticheskogo chertezha interpoljacionnym metodom Vestnik «VGAVT» №56, 2018
5. Pravila klassifikacii i postrojki sudov. [Rezhim dostupa]: <https://www.rivreg.ru/assets/Uploads/izveshenia/Rossiyskiy-Rechnoy-Registr.-PRAVILA-2019.-May-2021.pdf>
6. E.P. Ronnov, I.A. Guljaev, Ju.A. Kochnev Matematicheskaja model' raschjota massy metallicheskogo korpusa kombinirovannogo sudna. Nauchnye problemy vodnogo transporta, Vypusk 63, 2020, s. 48-54
7. I.A. Guljaev, Ju.A. Kochnev Prognozirovanie soprotivlenija dvizheniju gruzovyh kombinirovannyh sudov v zadache ih optimizacii. Problemy ispol'zovanija i innovacionnogo razvitija vnutrennih vodnyh putej v bassejnah velikih rek, Nizhnij Novgorod, 2020 g.
8. E.P. Ronnov, I.A. Guljaev, Ju.A. Kochnev Matematicheskaja model' raschjota massy metallicheskogo korpusa kombinirovannogo sudna. Nauchnye problemy vodnogo transporta, Vypusk 63, 2020, s. 48-54
9. E.P. Ronnov, I.A. Guljaev Aanaliz ostojchivosti kombinirovannyh sudov na stadii issledovatel'skogo proektirovanija. Nauchnye problemy vodnogo transporta. 2021. № 66. s. 29-35. DOI: 10.37890/jwt.vi66.158
10. E.P. Ronnov, Ju.A. Kochnev Osobennosti naznachenija nadvodnogo borta sudov smeshannogo plavanija iz uslovija zapasa plavuchesti, Trudy 18-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma "Velikie reki-2016. Problemy ispol'zovanija i innovacionnogo razvitija vnutrennih vodnyh putej v bassejnah velikih rek. Internet zhurnal shirokoj nauchnoj tematiki. Vypusk 5, 2016 g. [Jelektronnaja versija]
11. Barten'ev, O.V. Fortran dlja professionalov. Matematicheskaja biblioteka IMSL. –Vypusk 3.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гуляев Илья Александрович, начальник корпусного отдела ФАУ «Российский Речной Регистр», Окружной проезд, 15, корп. 2, Москва, 105187, e-mail: guliaev@rivreg.ru,

Кочнев Юрий Александрович, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: tmnnkoch@mail.ru

Роннов Евгений Павлович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru

Илья А. Gulyaev, Head of Hull Department, Federal Autonomous Institution Russian River Register, bld. 2, 15, Okružhnoy proezd, Moscow, Russia, 105187

Yuri A. Kochnev, Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education Volga State University of Water Transport (VSUWT), 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Evgeniy P. Ronnov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department, Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education Volga State University of Water Transport (VSUWT), 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Статья поступила в редакцию 15.06.2022; опубликована онлайн 20.09.2022.
Received 15.06.2022; published online 20.09.2022.