

Экономические аспекты повышения полноты обводов сухогрузных судов смешанного река-море плавания



А. В. Карташев,
начальник сектора ФГУП
«Крыловский государст-
венный научный центр»
(КГНЦ)



А. В. Сверчков,
к. т. н.,
начальник
сектора КГНЦ



Л. Г. Щемелинин,
начальник
сектора КГНЦ

Как известно, увеличение полноты обвода корпуса судна, с одной стороны, ведет к росту его грузоподъемности, а с другой — вследствие повышения гидродинамического сопротивления вызывает увеличение расхода топлива или снижение скорости. На основании результатов буксировочных испытаний большого количества моделей судов смешанного плавания с различной полнотой и последующего экономического анализа себестоимости перевозок показано, что наиболее целесообразно применять обводы корпуса с коэффициентом общей полноты C_b в диапазоне 0,87–0,90.

В последние десятилетия устойчивой тенденцией отечественного судостроения стало повышение полноты обводов крупнотоннажных грузовых судов внутреннего и смешанного река-море плавания. Благодаря проектам ЗАО «Морское инженерное бюро» [1, 2] и ОАО «КБ «Вымпел» [3] практически все суда смешанного плавания класса «Волго-Дон макс», построенные в последнее время для внутренних водных путей, имеют коэффициент общей полноты не менее 0,90 [4]. За год строятся десятки таких судов [4], максимально соответствующих габаритам шлюзов Волго-Балтийского водного пути (длина судна порядка 140 м, ширина 16,5–16,9 м, осадка в реке 3,6 м). Согласно прогнозам [5, 6] потребность в судах со сверхвысокими значениями коэффициента общей полноты сохранится и в перспективе.

Однако наряду с повышением грузоподъемности увеличение полноты обводов корпуса неизбежно приводит к росту гидродинамического сопротивления судна, главным образом за счет волновой составляющей, а следовательно, и к увеличению потребной мощности и расхода топлива главных двигателей [7, 8]. Большее гидродинамическое сопротивление «сверхполных» судов вынуждает судоводителей существенно снижать скорость перевозок.

Естественно, возникает вопрос о разумном, экономически оправданном пределе увеличения полноты обводов, его оптимальном значении для нового поколения судов внутреннего и смешанного плавания.

Настоящая работа является, с одной стороны, логичным продолжением работы [8], в которой авторы выполнили сопоставительный анализ экспериментальных данных по сопротивлению судов смешанного плавания с традиционной и увеличенной полнотой обводов корпуса, габариты которых близки к максимально возможным для внутренних водных путей европейской части России, а с другой — попыткой разобраться в этом вопросе с экономических позиций, опираясь на положения законодательства РФ, ее налогового кодекса, на данные Госкомстата РФ, Аналитического центра при Правительстве РФ и других источников.

На основании результатов анализа зависимости величины буксировочного сопротивления от коэффициента общей полноты корпуса выполнена оценка стоимости жизненного цикла условных сухогрузных судов смешанного река-море плавания класса «Волго-Дон макс», имеющих коэффициент общей полноты корпуса C_b в диапазоне от 0,82 до 0,93, и определены удельные затраты на 1 т-км грузоперевозок с учетом текущих и прогнозных цен.

Основные исходные данные и допущения

Как отмечалось, в настоящей статье предпринята попытка совместного анализа влияния коэффициента общей полноты корпуса на гидродинамическое сопротивление судна и оценки стоимости его жизненного цикла с опре-

делением удельных затрат на 1 т-км грузоперевозок. Поэтому необходимые исходные данные можно разделить на две части:

- материалы по гидродинамическому сопротивлению сухогрузных судов смешанного река-море плавания класса «Волго-Дон макс» с различной полнотой обводов;
- исходные данные и допущения, необходимые для оценки экономических показателей таких судов.

В упомянутых работах [7, 8] авторами выполнен анализ влияния коэффициента общей полноты корпуса на гидродинамическое сопротивление судна. Были рассмотрены результаты буксировочных испытаний моделей различных судов смешанного река-море плавания, проводившихся в опытовых бассейнах ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

Не претендуя на полноту учета всех эксплуатационных факторов, рассматривалось движение моделей на тихой глубокой воде. Влияние волнения и мелководья не учитывалось. Сравнивались только результаты буксировочных испытаний «голым» корпусом (без выступающих частей) при водоизмещениях, соответствующих осадке «в море» и «в реке».

В качестве параметра сравнения моделей был принят коэффициент K , который представляет собой буксировочное сопротивление модели «голым» корпусом, отнесенное к ее весовому водоизмещению:

$$K = R_T / (g \nabla \rho),$$

где: R_T — буксировочное сопротивление модели «голым корпусом», Н;

g — ускорение свободного падения, $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$;

∇ — водоизмещение модели, м^3 ;

ρ — плотность воды в опытовом бассейне,

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Коэффициент K показывает, какое буксировочное сопротивление приходится на единицу водоизмещения модели при данной скорости.

Всего были проанализированы результаты испытаний 14 моделей с C_B от 0,82 до 0,94 при осадке «в море» и 17 моделей с C_B от 0,815 до 0,930 при осадке «в реке». Все рассмотренные модели представляли суда, оснащенные двухвальными пропульсивными комплексами.

Результаты испытаний моделей при осадках «в море» и «в реке» представлены в работе [7] в виде значений коэффициента K в зависимости от коэффи-

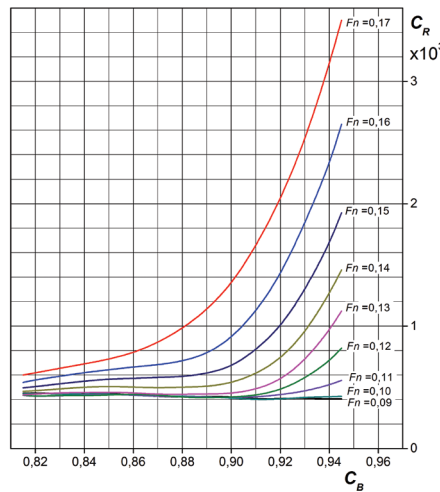


Рис. 1. Зависимость коэффициента остаточного сопротивления C_R от коэффициента общей полноты корпуса C_B для условного судна при осадке «в море»

циента общей полноты C_B при заданных значениях числа Фруда. Полученные значения коэффициента K для рассмотренных моделей аппроксимированы полиномами 3-й степени, что позволило выявить основные тенденции при «разбросе» анализируемых данных.

Было установлено, что на доволновых режимах движения ($Fn \leq 0,11$) полнота корпуса практически не влияет на коэффициент K . По мере роста скорости увеличение полноты корпуса начинает оказывать все большее негативное влияние на коэффициент K . Причем увеличивается не только само значение K , но и расширяется зона этого увеличения, смещаясь в сторону судов с меньшей полнотой.

Для дальнейшего анализа было выбрано условное судно класса «Волго-Дон макс» со следующими главными размерениями:

длина корпуса по ватерлинии (L_{WL}) — 140 м;

ширина (B) — 16,5 м ($L_{WL}/B = 8,485$);

осадка «в море» (T) — 4,6 м ($B/T = 3,667$);

осадка «в реке», (T) — 3,6 м ($B/T = 4,583$);

базовое значение коэффициента общей полноты (C_B) — 0,9.

Для оценки влияния коэффициента общей полноты корпуса на величину буксировочной мощности рассматриваемого судна были выполнены ее расчеты при различных значениях этого коэффициента.

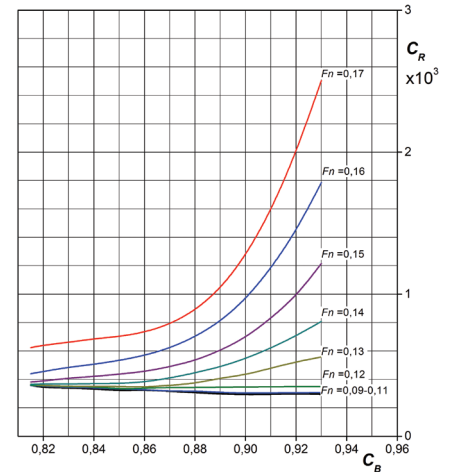


Рис. 2. Зависимость коэффициента остаточного сопротивления C_R от коэффициента общей полноты корпуса C_B для условного судна при осадке «в реке»

Расчеты выполнялись методом Фруда [10], при этом коэффициент надбавки на выступающие части $C_{AP} = 0,3 \times 10^{-3}$ принят по статистическим данным, корреляционный коэффициент $C_A = 0,3 \times 10^{-3}$ — согласно [10], кинематическая вязкость морской и пресной воды при температуре 15 °С определялась в соответствии с рекомендациями [11].

Используя аппроксимированные значения коэффициента K [7], были вычислены осредненные зависимости коэффициента остаточного сопротивления C_R от коэффициента общей полноты (рис. 1, 2). Полученные зависимости $C_R = f(C_B)$ применялись для вычисления буксировочного сопротивления и буксировочной мощности условного судна.

Результаты пересчета осредненных данных модельных испытаний на условное натурное судно приведены на рис. 3, 4 в виде зависимости буксировочной мощности P_E от коэффициента общей полноты C_B для диапазона значений скорости от 7 до 12,5 узлов.

Численная ценка влияния увеличения полноты на величину буксировочной мощности приведена в табл. 1, 2. Безразмерные коэффициенты относительной буксировочной мощности представляют собой отношение $P_E/P_E^{0,90}$, где $P_E^{0,90}$ — буксировочная мощность судна, имеющего базовый коэффициент общей полноты $C_B = 0,90$, который в последнее время стал «нормальным» для судов смешанного река-море плавания нового поколения [4].

Следует отметить, что приведенные значения буксировочной мощности отражают только общую тенденцию влияния полноты обводов, особенности обводов

Таблица 1. Коэффициенты относительной буксировочной мощности для условного судна при осадке «в море»

$V_s, \text{уз}$	F_n	Коэффициент общей полноты C_B												
		0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94
7,0	0,097	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,03	1,04
8,0	0,111	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,03	1,05	1,08
9,0	0,125	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	1,02	1,05	1,11	1,19
10,0	0,139	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	1,00	1,03	1,09	1,17	1,30
10,5	0,146	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	1,00	1,05	1,11	1,22	1,35
11,0	0,153	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	1,00	1,06	1,15	1,28	1,43
12,0	0,167	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,89	0,94	1,00	1,09	1,21	1,36	1,55

корпуса конкретного судна не учитываются. В процессе дальнейшего анализа было принято, что пропульсивные характеристики движительных комплексов рассматриваемых условных судов одинаковы.

Для оценки экономических показателей условного судна при вариации значения коэффициента общей полноты были приняты следующие допущения и исходные данные:

- судно с базовым значением коэффициента общей полноты $C_B = 0,90$ в дальнейших рассуждениях будем именовать базовым, а суда с отличными от базового значениями C_B альтернативными;
- сопоставление судов выполнено по удельным затратам на перевозку 1 т

груза на 1 км (1 т-км), определяемым как частное от деления общих затрат на судно на протяжении его жизненного цикла на массу перевезенного за это время груза;

- общие затраты на суда за их жизненный цикл включают в себя затраты на строительство судов, их эксплуатацию и утилизацию, причем в последних (в затратах на эксплуатацию и утилизацию) учтен коэффициент-дефлятор;
- в составе общих затрат на суда в течение их жизненного цикла (исходя из предположения об их регистрации в Российском международном реестре судов, РМРС) согласно российскому

налоговому законодательству НДС в строительной стоимости судов учтен по налоговой ставке 0%, в текущих эксплуатационных расходах не учтены налог на имущество, транспортный налог и страховые взносы с заработной платы экипажа судов;

- оценка изменения значений технических показателей условного судна (полное водоизмещение, водоизмещение порожнем и грузоподъемность судна, масса корпуса, мощность двигателей и движителей) при изменении его общей полноты обводов до 0,82; 0,85; 0,87 и 0,93 выполнена расчетным способом;

- при оценке годовых эксплуатационных расходов по судам (эксплуатационный период 200 сут) учитываются расходы на ремонт и содержание судов, их страхование, заработную плату членов экипажа и их коллективное питание, регистрацию и подтверждение регистрации судна в РМРС, на топливо, на портовые сборы, на администрирование и прочие расходы;

- сопоставление судов выполнено на маршруте, по протяженности приближающемся к средней дальности перевозок грузов внутренним водным транспортом, — 605 км по состоянию на 2014 г. по данным Аналитического центра при Правительстве РФ — а именно на маршруте Петрозаводск–Санкт-Петербург протяженностью 302 мили, или 559 км, включающем как речной участок (121 миля по р. Свирь — глубина

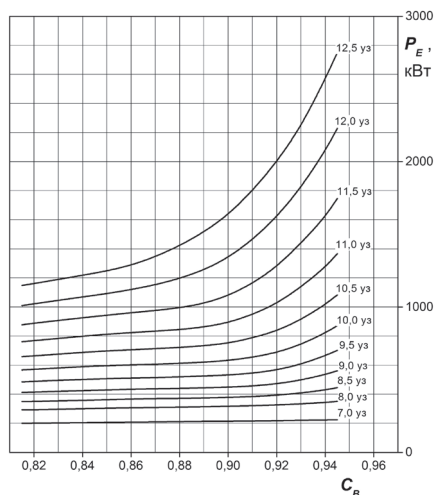


Рис. 3. Зависимость буксировочной мощности P_E от коэффициента общей полноты корпуса C_B для условного судна при осадке «в море»

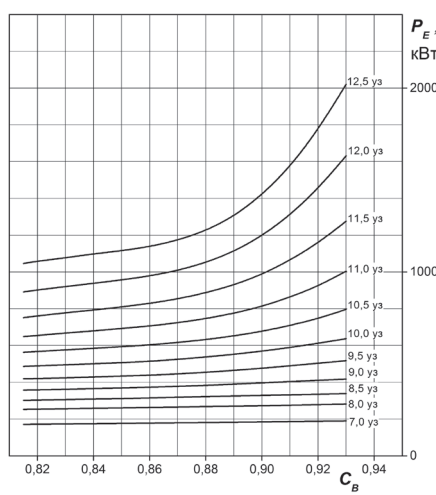


Рис. 4. Зависимость буксировочной мощности P_E от коэффициента общей полноты корпуса C_B для условного судна при осадке «в реке»

Таблица 2. Коэффициенты относительной буксировочной мощности для условного судна при осадке «в реке»

$V_s, \text{уз}$	$V, \text{км/ч}$	F_n	Коэффициент общей полноты C_B											
			0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93
7,0	13,0	0,097	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03
8,0	14,8	0,111	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03
9,0	16,7	0,125	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	1,00	1,02	1,04	1,05
10,0	18,5	0,139	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,92	0,95	0,97	1,00	1,04	1,08	1,12
11,0	20,4	0,153	0,81	0,82	0,84	0,85	0,87	0,89	0,92	0,95	1,00	1,06	1,14	1,24
12,0	22,2	0,167	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,84	0,88	0,93	1,00	1,09	1,22	1,36

Таблица 3. Значения основных показателей для сопоставляемых судов

№ п/п	Показатель		Значение				
			$C_B=0,82$	$C_B=0,85$	$C_B=0,87$	$C_B=0,90$	$C_B=0,93$
1	Полное водоизмещение, т		8739	9048	9270	9589	9909
2	Осадка, м	в море	4,60				
		в реке	3,60				
3	Грузоподъемность, т	в море	5156	5610	6053	6528	7015
		в реке	3495	3763	4087	4362	4640
4	Мощность на фланцах двигателей при принятых скоростях хода, кВт	в море	1390	1470	1510	1580	1855
		в море с речной осадкой	1270	1330	1375	1490	1700
		в реке	1240	1295	1340	1450	1660
		в реке на мелководье	1740	1750	1930	2490	3050
5	Количество и мощность двигателей, ед. × кВт		2×1200	2×1200	2×1200	2×1200	2×1600
6	Удельный расход топлива на различных режимах работы двигателя, г/кВтч	100 %	192				
		85 %	189				
		50 %	191				

от 5 до 14 м, в основном мелководные участки до 7,2 м, и 40 миль по р. Нева — средняя глубина 8–11 м, мелководных участков до 7,2 м практически нет), так и глубоководный (141 миль по Онежскому и Ладожскому озерам); дополнительно выполнено сопоставление на более протяженном (в 3,5 раза) маршруте Волгоград–Самсун, включающем как мелководный речной участок (311 миль по внутренним водным путям), так и глубоководный (753 мили по Азовскому и Черному морям), и чисто морским перевозкам на условном маршруте протяженностью 557 км, при которых используется максимальная грузоподъемность судов;

- в качестве груза для судов, предназначенных для перевозки генеральных, навалочных (включая зерно), лесных и крупногабаритных грузов, контейнеров международного стандарта высотой 8,5 и 9 футов и опасных грузов, с учетом превалирования в структуре перевозок внутреннего водного транспорта строительных материалов (70 % по данным Аналитического центра при Правительстве РФ) приняты щебень и песок, добываемые в районе Петрозаводска; обратными рейсами предполагается транспортировка зерна; дополнительно выполнено сопоставление судов на этом маршруте при транспортировке генеральных грузов и контейнеров, отличающихся производительностью погрузочно-разгрузочных работ в меньшую и большую сторону;

- скорость хода судна принята 10,5 узлов на глубокой воде в море

и реке, 10 узлов на мелководье (менее 7,2 м) и 4,3 узла в р. Нева в черте Санкт-Петербурга; при оценке времени кругового рейса и расходов топлива учтена скорость течения реки, принятая для р. Нева в среднем 1,8 узла, для р. Свирь — 3, для р. Дон — 0,04 узла; время прохождения шлюзов (2 шлюза на маршруте Петрозаводск–Санкт-Петербург и 18 шлюзов на маршруте Волгоград–Самсун) принято в среднем один час на каждый шлюз;

- производительность погрузочно-разгрузочных работ при оценке продолжительности кругового рейса принята согласно документу РД 31.3.01.01–93 для одной технологической перегрузочной линии при прямом варианте перегрузки в размере 1170 т/сут при разгрузке судна в вагон краном грузоподъемностью (г/п) 16 т, и 1240 т/сут при погрузке на судно из вагона; одна технологическая линия принята в связи с тем, что в большинстве речных портов России один причал универсального назначения обслуживается одной технологической линией; дополнительно выполнены оценки для увеличенной в два и три раза производительности погрузочно-разгрузочных работ за счет использования двух и трех линий на специализированном технологическом комплексе для перегрузки навалочных грузов; при расчетах с тремя технологическими линиями к производительности каждой линии применен рекомендованный понижающий коэффициент 0,95 для учета взаимных помех кранов в работе; производительность погру-

зочно-разгрузочных работ при перегрузке контейнеров в железнодорожную платформу или из нее принята как 135 контейнеров в сутки, а при перегрузке генеральных грузов — 295 т/сут.

Основные показатели сопоставляемых судов, принятые по проектным данным для базового судна и определенные расчетным способом по альтернативным судам, приведены в *табл. 3*.

Оценка затрат на строительство альтернативных судов

Оценка стоимости строительства альтернативных судов в ценах I квартала 2017 г. с необходимыми пояснениями приведена в *табл. 4*.

Сопоставление удельных капитальных затрат на 1 т г/п по альтернативным вариантам судов с различной общей полнотой приведено на *рис. 5*. При сопоставлении очевидно неоспоримое преимущество судов с большей общей полнотой по показателю удельных капитальных затрат на строительство судна в расчете на 1 т г/п, которое достигает 28,5 % при сопоставлении по г/п в море и 25,3 % при сопоставлении по г/п в реке.

Оценка продолжительности кругового рейса и годовых эксплуатационных расходов

Оценка продолжительности кругового рейса на комбинированном маршруте перевозок Петрозаводск–Санкт-Петербург для рассмотренных вариантов судна с различной общей полнотой, количества круговых рейсов за навигационный период 200 сут и массы пере-

везенного за навигационный период груза приведена в табл. 5.

Оценка годовых эксплуатационных расходов по сопоставляемым судам в текущих ценах I квартала 2017 г. на комби-

нированном маршруте перевозок Петрозаводск-Санкт-Петербург приведена в табл. 6, удельные эксплуатационные расходы на транспортировку 1 т груза — на рис. 6. Сопоставление показывает не-

оспоримое преимущество судна с общей полнотой 0,87 по показателю удельных эксплуатационных расходов в текущих ценах на транспортировку 1 т груза, которое достигает 3,69 % при сопоставле-

Таблица 4. Оценка стоимости строительства альтернативных судов

Показатель	Значение для варианта				Примечание
	$C_b=0,82$	$C_b=0,85$	$C_b=0,87$	$C_b=0,93$	
Изменение массы стального корпуса, т	-52,2	-32,4	-19,3	18,9	Расчетная оценка влияния общей полноты судна на массу стального корпуса
Изменение массы стали, т	-61,1	-37,9	-22,6	22,1	Коэффициент раскроя листового материала принят равным 1,17
Изменение стоимости стали, млн руб.	-2,7	-1,7	-1,0	1,0	Цена стали принята 44,0 тыс. руб./т без учета НДС
Расчетная оценка изменения мощности на валах и винтах, кВт	-751	-742	-560	557	На скорости 10 узлов в реке с учетом мелководья как наиболее энергоемком режиме эксплуатации судов
Изменение стоимости валопроводов и двигателей, млн руб.	-6,3	-6,2	-4,7	4,7	При расчетной оценке учтено изменение мощности на винтах при скорости 10 узлов в реке на мелководье. Удельная цена валопровода и двигателя принята 8,4 тыс. руб./кВт без учета НДС
Изменение стоимости главного двигателя, млн руб.	0	0	0	13,1	Цена 1 кВт мощности главного двигателя принята 260 евро/кВт без учета НДС
Изменение трудоемкости, н.-ч.	-8097,2	-5357,1	-3301,2	3856,4	Нормативы трудоемкости приняты по РД5.ГКЛИ.0502-184-94 «Трудоемкость строительства судов». Повышающий коэффициент с учетом строительства одного судна в год — 1,08, коэффициент серийности 1,2 — пятое судно в серии
Изменение стоимости работ верфи, млн руб.	-13,8	-9,1	-5,6	6,6	Стоимость часа работ верфи принята 1700 руб. / н.-ч.
Изменение прибыли верфи, млн руб.	-2,3	-1,7	-1,1	1,2	Прибыль верфи принята как 10 % от себестоимости судна
Полное изменение цены судна, млн руб.	-25,0	-18,7	-12,4	26,5	Сумма изменения стоимости стали, валопроводов и двигателей, главных двигателей, работ верфи и прибыли
Цена базового судна, млн руб.	894,9				Пересчет с данных 2005 г. с учетом индекса цен производителей судостроительной продукции
Цена альтернативного судна, млн руб.	869,9	876,2	882,5	921,4	Пересчет с цены базового судна путем корректировки ее на сумму изменения цены
Удельная цена 1 т г/п, тыс. руб./т в море	168,7	156,2	145,8	131,3	Цена судна (тыс. руб.), деленная на г/п судна в море
То же на 1 т г/п в реке	248,9	232,8	215,9	198,6	Цена судна (тыс. руб.), деленная на г/п судна в реке

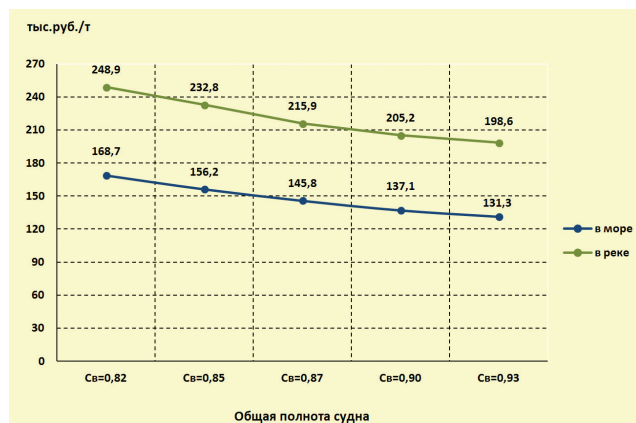


Рис. 5. Сопоставление удельных капитальных затрат на 1 т г/п по судам с различной общей полнотой

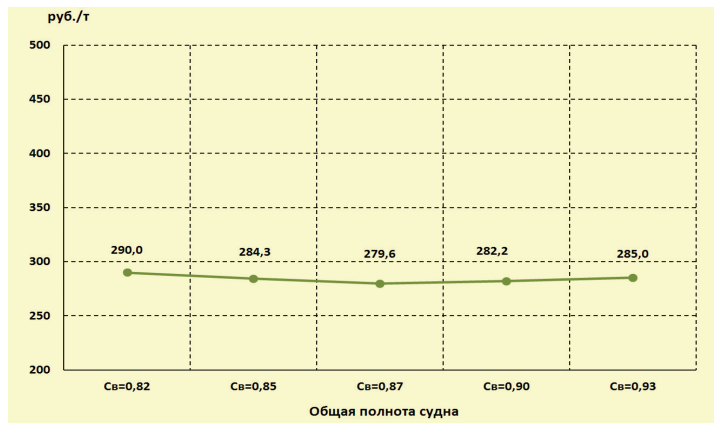


Рис. 6. Удельные эксплуатационные расходы на транспортировку 1 т груза в текущих ценах на комбинированном маршруте перевозок Петрозаводск-Санкт-Петербург

Таблица 5. Оценка продолжительности круговых рейсов, их количества за навигационный период и массы перевезенного груза

№ п/п	Элемент рейса	Продолжительность рейса по вариантам судна, ч				
		C _в =0,82	C _в =0,85	C _в =0,87	C _в =0,90	C _в =0,93
1	Погрузка и оформление	67,6	72,8	79,1	84,4	89,8
2	Отшвартовка и отход из Петрозаводска	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
3	Ходовое время, в том числе:	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2
	Онежское и Ладожское озера	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1
	р. Свирь	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
	р. Нева за чертой города	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
	р. Нева в черте города	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
4	Подход и швартовка в С.-Петербурге	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
5	Разгрузка и оформление	71,7	77,2	83,8	89,5	95,2
6	Погрузка и оформление	67,6	72,8	79,1	84,4	89,8
7	Отшвартовка и отход из С.-Петербурга	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
8	Ходовое время, в том числе:	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1
	р. Нева в черте города	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
	р. Нева за чертой города	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Онежское и Ладожское озера	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1
	р. Свирь	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1
9	Подход и швартовка в Петрозаводске	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
10	Разгрузка и оформление	71,7	77,2	83,8	89,5	95,2
11	Расчетное время кругового рейса	362,1	383,4	409,3	431,2	453,4
12	Принятое время кругового рейса, сут	15,1	16,0	17,1	18,0	18,9
13	Количество круговых рейсов за навигационный период, ед.	13,26	12,52	11,73	11,13	10,59
14	Масса перевезенного за навигационный период груза, т	92 666	94 211	95 864	97 112	98 250

Таблица 6. Оценка годовых эксплуатационных расходов по сопоставляемым судам в текущих ценах

№ п/п	Статья затрат	Сумма расходов, млн руб. для судов с полной				
		C _в =0,82	C _в =0,85	C _в =0,87	C _в =0,90	C _в =0,93
1	Ремонт и содержание	5,72	5,76	5,80	5,88	6,06
2	Страхование	1,43	1,44	1,45	1,47	1,51
3	Заработная плата	5,02	5,02	5,02	5,02	5,02
4	Рацион коллективного питания	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
5	Регистрация или подтверждение регистрации в РМРС, среднее значение	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
6	Администрирование и прочие затраты	2,09	2,10	2,11	2,13	2,16
7	Портовые сборы	1,82	1,71	1,61	1,52	1,45
8	Топливо	9,00	8,95	9,02	9,59	10,01
9	ВСЕГО	26,87	26,78	26,81	27,41	28,01
10	Всего на транспортировку 1 т груза, руб./т	290,0	284,3	279,6	282,2	285,0

нии судов с общей полнотой 0,82 и 0,87 и 10,35 % при сопоставлении судов с общей полнотой 0,87 и 0,93.

Оценка стоимости жизненного цикла сопоставляемых судов

Оценка стоимости жизненного цикла сопоставляемых судов в текущих и прогнозных (с учетом дефляции) ценах, а также удельных затрат на 1 т-км грузоперевозок на маршруте Петрозаводск-Санкт-Петербург приведена в табл. 7. Минимальное значение удельных затрат на 1 т-км в прогноз-

ных ценах наблюдается также у судна с общей полнотой 0,87. С уменьшением общей полноты от 0,87 до 0,82 наблюдается рост удельных затрат на 2,94 %. С увеличением общей полноты от 0,87 до 0,93 повышение удельных затрат будет менее существенным: около 1,86 %. Для понимания вклада стоимости отдельных этапов жизненного цикла сопоставляемых судов в общую удельную стоимость 1 т-км грузоперевозок на рис. 7 дана общая удельная стоимость 1 т-км грузоперевозок в прогнозных ценах с разбивкой по этапам жизнен-

ного цикла. Видна превалирующая роль эксплуатационных расходов в сумме общих затрат и их рост с изменением общей полноты судна по сравнению с оптимальной 0,87.

Сопоставление судов различной общей полноты по удельным затратам на 1 т-км грузоперевозок на других маршрутах, при транспортировке других типов груза и с повышенной производительностью погрузочно-разгрузочных работ показано на рис. 8. Видно, что лишь при морских перевозках с использованием полной грузоподъемности за

Таблица 7. Оценка стоимости жизненного цикла сопоставляемых судов (млн руб.) и удельных затрат на 1 т-км грузоперевозок (руб./т-км) в текущих и прогнозных ценах

№ п/п	Статья затрат	Сумма, млн руб. для судов с общей полнотой									
		$C_B=0,82$		$C_B=0,85$		$C_B=0,87$		$C_B=0,90$		$C_B=0,93$	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Строительство, млн руб.	870,0		876,1		882,5		894,9		921,4	
2	Эксплуатация, млн руб.	644,9	1084,7	642,7	1081,1	643,4	1082,2	657,8	1106,4	672,1	1130,6
3	Утилизация, млн руб.	18,9	46,9	18,9	46,9	18,9	46,9	19,1	47,4	19,3	47,9
4	Всего за жизненный цикл, млн руб.	1533,8	2001,6	1537,7	2004,1	1544,8	2011,6	1571,8	2048,7	1612,8	2099,9
5	Количество круговых рейсов за 24 года, ед.	318		300		281		267		254	
6	Грузоподъемность судна, т	3495		3763		4087		4362		4640	
7	Количество перевезенных за 24 года грузов, т	2 223 982		2 261 074		2 300 745		2 330 687		2 358 011	
8	Затраты на перевозку 1 т груза, руб./т	689,7	900,0	680,1	886,4	671,4	874,3	674,4	879,0	684,0	890,5
9	Дальность перевозок, км	559									
10	Удельные затраты, руб./т-км	1,233	1,609	1,216	1,585	1,200	1,563	1,206	1,572	1,223	1,592

Примечание. 1 — в текущих ценах, 2 — в прогнозных ценах.

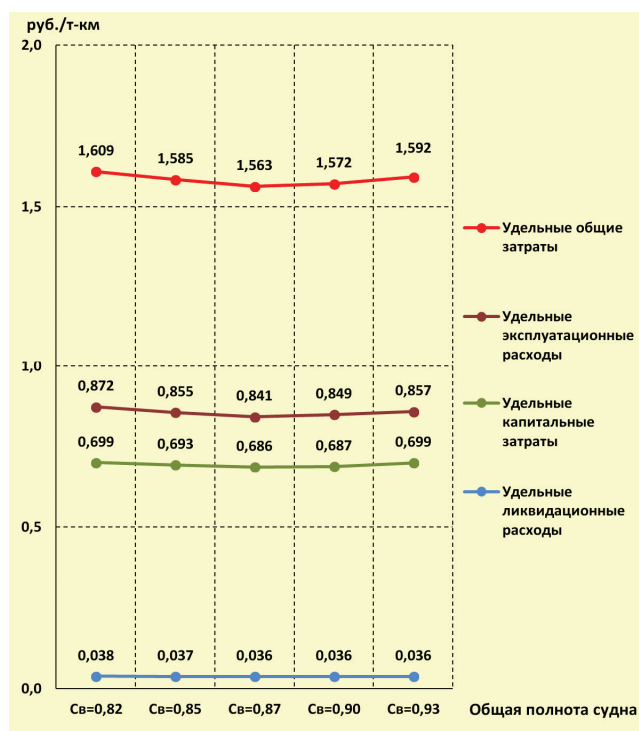


Рис. 7. Удельные затраты на 1 т-км грузоперевозок в прогнозных ценах по этапам жизненного цикла сопоставляемых судов и в целом

счет более глубокой осадки судно с общей полнотой 0,90 будет незначительно эффективнее (на 0,21 %) судна с общей полнотой 0,87 по показателю удельной стоимости затрат на 1 т-км грузоперевозок, во всех остальных вариантах наиболее эффективным показало себя судно с общей полнотой 0,87.

Заключение

В результате выполненных сопоставительных оценок условий сухогрузных судов смешанного река-море плавания класса «Волго-Дон макс» с различной общей полнотой корпуса (0,82; 0,85; 0,87; 0,90 и 0,93) установлено, что по показателю удельной стоимости в прогнозных ценах 1 т-км грузоперевозок наиболее эффективно использование судов с общей полнотой 0,87.

Такое судно имеет лучшие показатели по удельной стоимости 1 т-км грузоперевозок на средних и дальних комбинированных река-море перевозках, на перевозках трудоемких в перегрузке навалочных и генеральных грузов и наименее трудоемких в перегрузке контейнеров; при выполнении погрузочно-разгрузочных работ с навалочными грузами в универсальных портах и в специализированных портах с увеличенной производительностью погрузочно-разгрузочных работ за счет использования двух и трех технологических линий. И лишь при полной загрузке с осадкой 4,6 м на условном морском маршруте средней дальности судно с общей полнотой 0,87 будет незначительно (0,14 %) уступать судну с общей полнотой 0,90.

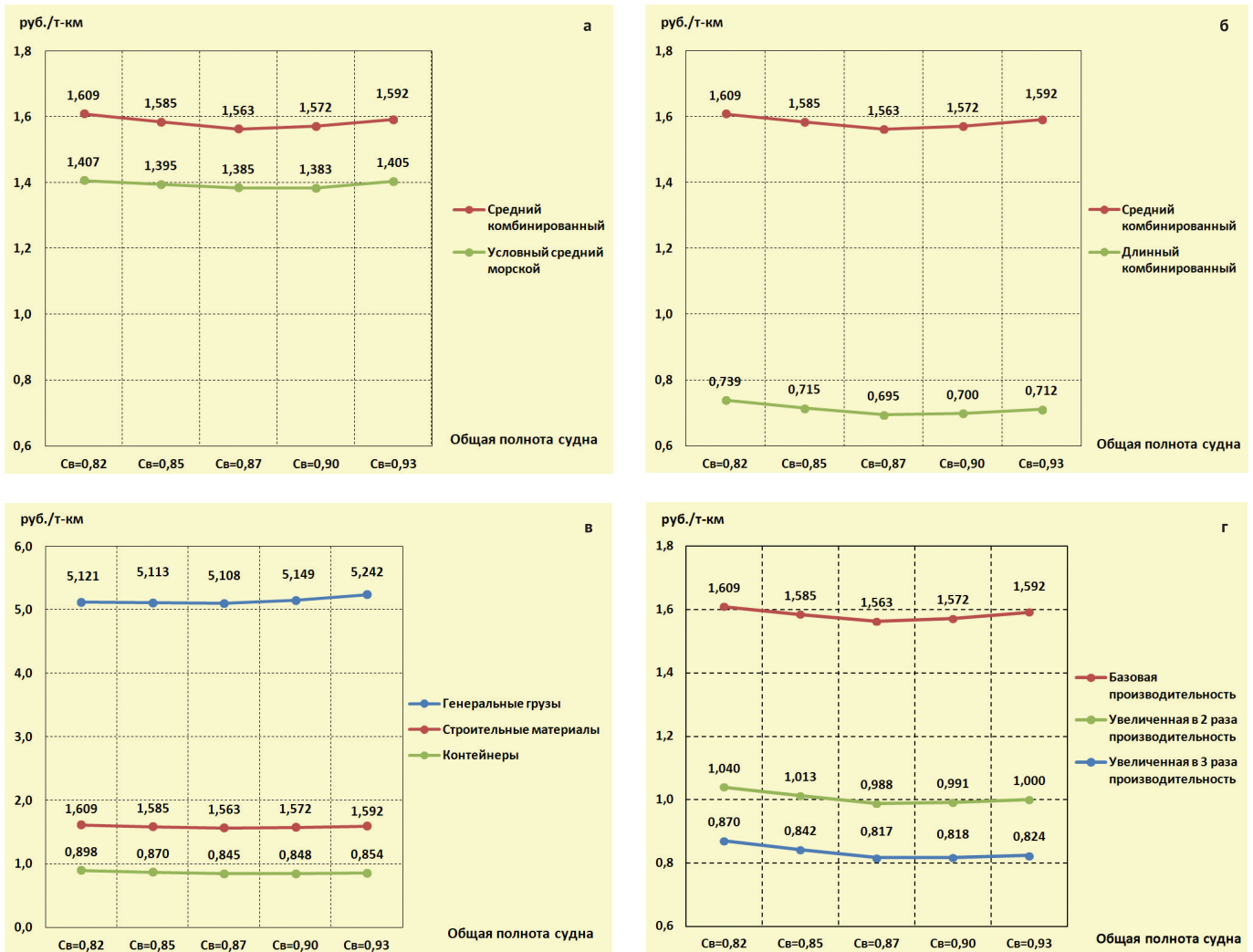


Рис. 8 Сопоставление судов различной общей полноты по удельным затратам на 1 т-км грузоперевозок: а – комбинированные река-море и морские, оба средней протяженности; б – комбинированные река-море средней и длинной протяженности; в-комбинированные река-море средней протяженности, перевозки различных грузов; г – комбинированные река-море средней протяженности для разной производительности погрузочно-разгрузочных работ.

Увеличение коэффициента общей полноты судна с 0,90 до 0,93 приводит к повышению удельных затрат на тонну перевозимого груза на один процент. За 24 года (жизненный цикл судна) потери составят около 40 млн руб. в текущих ценах. ■

Литература

- Егоров Г. В. О возможности создания судна смешанного река-море плавания с предельно высоким коэффициентом общей полноты. // Труды Крыловского гос. научн. центра. 2013. № 75 (359). С. 6–14.
- Егоров Г. В., Егоров А. Г. Основные принципы проектирования судов смешанного река-море плавания. // Судостроение и морская инфраструктура, 2014. № 2 (2). С. 48–62.
- Шаталов В. В., Рабазов Ю. И. Вклад конструкторского бюро «Вымпел» в создание конкурентоспособных судов смешанного река-море плавания в услови-

ях переходной экономики. // Морской вестн., 2016. № 1 (57). С. 11–15.

- Егоров Г. В. О возможности создания судна смешанного река-море плавания с предельно высоким коэффициентом общей полноты. // Труды Крыловского гос. научн. центра. 2013. Вып. 75 (359). С. 6–14.
- Егоров Г. В. Анализ и перспективы гражданского судостроения на речных заводах России, в том числе в Сибири и Дальнем Востоке. www.Korabel.ru. 2015. Вып. 2(28). С. 12–39.
- Егоров Г. В., Тонюк В. И., Дурнев Е. Ю. «Сверхполные» комбинированные суда проекта RST54 для перевозки нефтепродуктов и сухих грузов, а также контейнеров, накатной техники и проектных грузов. // Судостроение, 2017. № 4. С. 17–23.
- Сверчков А. В., Щемелинин Л. Г. Влияние полноты обводов корпуса на гидродинамическое сопротивление судов смешанного река-море плава-

ния // Транспорт РФ, 2016. № 4 (65). С. 60–63.

- Сверчков А. В., Щемелинин Л. Г. Гидродинамические аспекты повышения полноты обводов судов смешанного река-море плавания. // Труды Крыловского гос. научн. центра. 2017. Вып. 1 (379). С. 26–35.
- Горбачев Ю. Н., Буянов А. С., Сверчков А. В. Перспективный способ совершенствования конструкции судов внутреннего и смешанного река-море плавания. // Речной трансп. (XXI век), 2014. № 6. С. 28–34.
- Справочник по теории корабля. В 3 т. Т. 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители; под ред. Я. И. Войткунского. Л.: Судостроение, 1985.
- ITTC – Recommended Procedures. Testing and Extrapolation Methods, General. Fresh Water and Seawater Properties, 7.5–02–01–03, Effective Date 2011. Revision 02.