

УДК 629.5.03–8
Л 66

СКОРОСТЬ ХОДА СУДНА И ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ЕГО МАЛООБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Б. М. Лычко, канд. техн. наук, доцент

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев.

Аннотация. Рассмотрен вопрос изменения скорости хода транспортного судна в зависимости от условий эксплуатации.

Ключевые слова: энергетическая установка, условия эксплуатации, сопротивление движению судна, скорость хода.

Анотація. Розглянуто питання щодо зміни швидкості руху транспортного судна залежно від умов експлуатації.

Ключові слова: енергетична установка, умови експлуатації, опір руху судна, швидкість судна.

Abstract. The question of change of motion speed of the transport ship has been considered depending on the operating conditions.

Keywords: power plant, operating conditions, ship resistance, motion speed.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Большинство проектных организаций и учреждений, занимающихся вопросами проектирования транспортных судов с прямой передачей мощности от малооборотного дизеля (МОД) на гребной винт, выполняют расчет ходкости проектируемого судна при одном сопротивлении R_0 , которое соответствует условиям приемосдаточных испытаний (ПСИ) – чистый, свежеокрашенный корпус судна, глубина более десяти осадок, влияние ветра и волн незначительное [2]. После расчета винтовой характеристики, соответствующей условиям ПСИ, и ее совмещения с полем возможных рабочих параметров двигателя получают новую винтовую характеристику, сместив базовую, для неких «расчетных» условий эксплуатации (чаще всего закладывая 15%-й запас от условий ПСИ). Каждая из проектных организаций выполняет свой приближенный расчет ходкости, базируясь на собственных достижениях и разработках, для условий ПСИ или расчетных условий, которые несущественно отличаются от ПСИ, и делает заключение о спецификационной скорости хода транспортного судна в этих условиях и требуемых мощности и частоте вращения ГД. Однако реальные условия эксплуатации судна резко отличаются от условий ПСИ. В этой связи *актуальной* задачей является определение максимальной и минимальной скоростей хода транспортного судна в различных условиях эксплуатации и значений мощности и частоты вращения ГД, необходимых для достижения этих скоростей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Основные методики по определению полного сопротивления движению судна в условиях ПСИ и его составляющих изложены в [2, 3 и др.], методика по

следующего расчета достижимой транспортным судном скорости хода и значений мощности и частоты приведена, например, в [2]. Но не полностью освещенным остается вопрос о влиянии условий эксплуатации судна на его пропульсивные характеристики.

Кроме того, за пределами обсуждений остаются вопросы, связанные с методикой проведения анализа пропульсивных характеристик транспортного судна с учетом предстоящих условий эксплуатации.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ – оценка пропульсивных характеристик транспортных судов различного водоизмещения в зависимости от возможных условий эксплуатации, а также сопоставление полученных результатов с данными, соответствующими условиям ПСИ.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Расчет скорости хода транспортного судна базируется на методиках, изложенных в [2]. Ключевой составляющей, которая влияет на скорость хода судна, является значение сопротивления движению судна.

С помощью методик, изложенных в [3], и программного комплекса по определению сопротивления движению судна, разработанного на кафедре ССЭУ НУК, для пяти судов, технические характеристики которых представлены в табл. 1, был выполнен расчет сопротивления движению судна с учетом их конструкции и характерных условий эксплуатации.

Характерными параметрами условий эксплуатации судна являются:

1) высота волн 3%-й обеспеченности ($h_{3\%}$), значение которой зависит от условий эксплуатации, типа судна и влияет на величину волновой составляющей полного сопротивления. Так, например, для крупно-

тоннажных судов неблагоприятные условия эксплуатации ($h_{3\%} = 5,5$ м) наступают значительно позже, чем для малотоннажных ($h_{3\%} = 4,0$ м);

2) скорость ветра (w_b), влияющая на величину ветровой составляющей полного сопротивления;

3) угол направления ветра и распространения волнения (q_w), который характеризует степень воздействия ветра и волн на судно [4], а следова-

тельно, влияет на значение ветровой и волновой составляющих полного сопротивления движению судна;

4) состояние подводной части корпуса судна, влияющее на величину добавочного сопротивления движению судна, которое характеризуется временем, прошедшим после докования судна;

5) осадка судна.

Таблица 1. Технические характеристики судов

Параметр	Балкер типа «Киев»	Танкер типа «Победа»	ТР типа «Бухта Русская»	ТР типа «Фрио Хелленик»	Сухогруз типа «Цитай»
1. Основные размерения судна, м:					
L_{pp}	217,3	228,0	119,9	135,8	99,9
B	32,2	32,2	18,0	21,6	16,8
T	12,2	12,5	6,48	9,5	7,0
2. Водоизмещение D , т	73600	77000	10100	17640	9250
3. Характеристики ГД:					
марка	6S60MC-C	6S60MC-C	5S46MC-C	6S60MC-C	8S26MC-C
спецификационная мощность N_e^c , кВт	12450	12560	6160	12580	2940
4. Характеристики гребного винта, м:					
серия	M4-65	M4-70	Z4-100	Z4-85	M4-65
диаметр D_b	6,7	6,5	4,6	6,0	2,9
шаг винта P	5,23	5,55 7	4,92	6,96	2,19

На рис. 1 представлены возможные, по мнению автора, условия эксплуатации и их характеристики с указанием значений параметров.

Результаты расчета сопротивления движения судна в зависимости от условий эксплуатации пред-

ставлены на рис. 2 в виде зависимостей $\bar{R}_i = f(v_s)$. Относительное сопротивление \bar{R}_i является отношением сопротивления в n -х условиях эксплуатации к сопротивлению, соответствующему условиям ПСИ: $\bar{R}_i = R_n/R_0$.

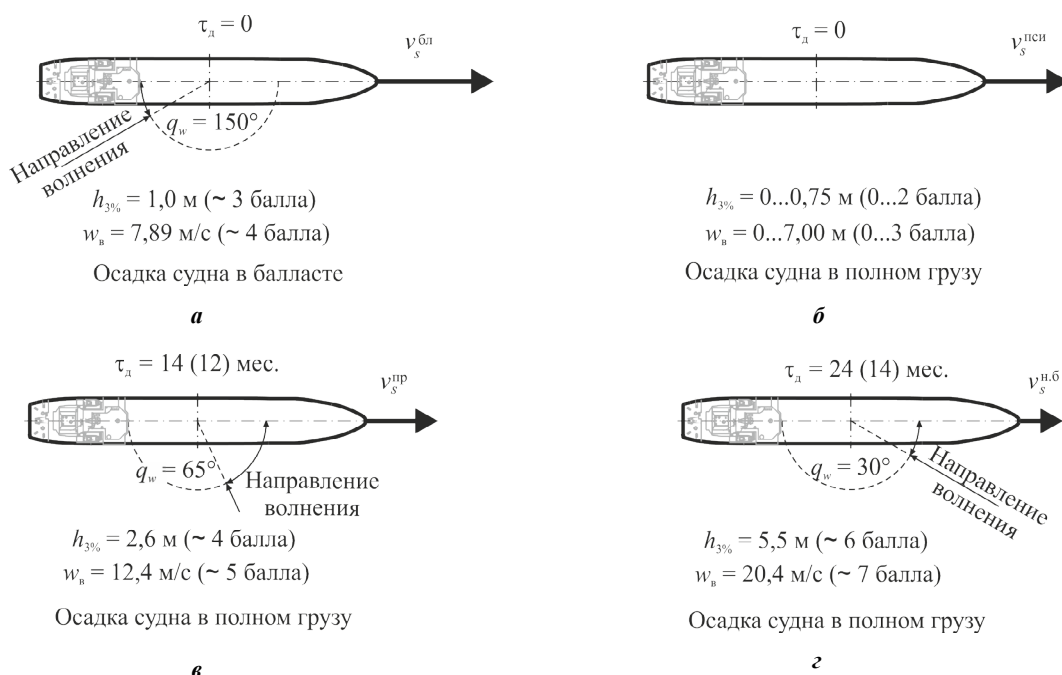


Рис. 1. Возможные условия эксплуатации судна: а – благоприятные; б – приемосдаточные; в – представительные; г – неблагоприятные

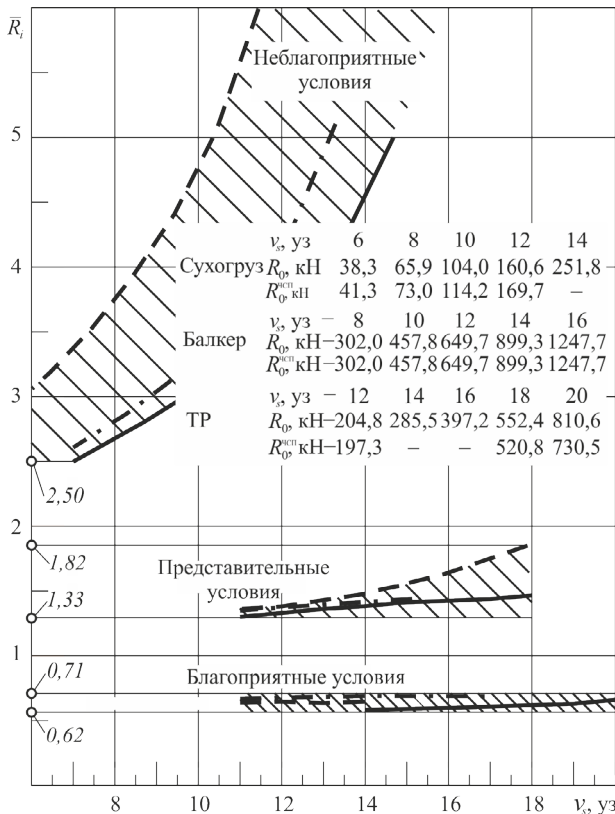


Рис. 2. Относительное сопротивление \bar{R}_r в зависимости от скорости хода транспортных судов при различных условиях их движения: — — — для сухогруза «Цитай»; — — — для ТР типа «Фрио Хелленик»; — · — · — для балкера «Киев»

Достоверность результатов расчета сопротивления движению судна, соответствующего условиям ПСИ (R_0), можно оценить, сравнив их с данными проектной организации ОАО «Черноморсудопроект», которые также приведены на рис. 2 ($R_0^{чсп}$). Расхождение в результатах расчета по относительным значениям следующее:

- для сухогруза типа «Цитай» — 5,1...9,8 %;
- для балкера типа «Киев» — 5,1...9,8 %;
- для ТР типа «Фрио Хелленик» — 3,6...9,8 %, что вполне приемлемо.

Таблица 2. Максимально достижимые скорость хода судов, уз, частота вращения ГД, мин⁻¹, КПД гребного винта

Условия движения	Балкер типа «Киев»	Танкер типа «Победа»	ТР типа «Бухта Русская»	ТР типа «Фрио Хелленик»	Сухогруз типа «Цитай»
1. Благоприятные:	16,8, (105,0)/0,526	16,2, (104,4)/0,534	19,6, (129,0)/0,593	22,8, (110,2)/0,689	18,0, (256,5)/~0,485
2. Приемосдаточные	15,0, (104,5)/0,519	15,2, (103,2)/0,512	17,9, (126,5)/0,561	20,0, (105,0)/0,643	13,7, (252,5)/0,406
3. Представительные	12,6, (101,2)/0,461	13,1, (99,6)/0,442	15,6, (123,4)/0,523	18,6, (102,6)/0,607	10,6, (243,1)/~0,320
4. Неблагоприятные: с учетом ограничений по работе ГД	5,6, (88,0)/~0,207	5,6, (78,5)/~0,181	12,6, (96,7)/0,408	14,8, (90,8)/~0,502	6,7, (237,0)/~0,195
без учета ограничений	6,7, (95,0)/~0,223	7,7, (93,3)/~0,202	14,0, (112,6)/0,416	15,1, (97,1)/~0,511	6,3, (231,5)/~0,190

Первая строка — скорость хода, в скобках — частота вращения, за чертой — КПД гребного винта.

В то же время удивляет, на первый взгляд, существенное увеличение (от 2,5 до 6,0 и более раз) значения сопротивления движению судна, соответствующее неблагоприятным условиям эксплуатации. Под этими условиями подразумевается следующее: судно находится на 25-м году эксплуатации, два года не производилось докование (корпус сильно обросший), погодные условия соответствуют сильному шторму, угол ветра и направления волнения наиболее неблагоприятный [4].

Наряду с этим для судов достаточно большой серии типа «50 лет СССР» приводились аналогичные результаты из сферы эксплуатации [1], которые данным расчету не противоречат.

Анализируя расчеты сопротивления и представленные графические зависимости, можно сделать следующие заключения о взаимосвязи сопротивлений движению судна:

а) в неблагоприятных условиях эксплуатации сопротивление движению судна в 2,5...6,0 раза больше сопротивления, соответствующего условиям ПСИ;

б) в представительных условиях эксплуатации сопротивление движению находится в диапазоне 1,33...1,82 от значения сопротивления, соответствующего условиям ПСИ;

в) в благоприятных условиях эксплуатации сопротивление движению лежит в диапазоне 0,62...0,71 от значения сопротивления, соответствующего условиям ПСИ;

На основании данных о сопротивлении движению судна с учетом характеристик судов (см. табл. 1) по традиционным методикам [2] был выполнен расчет максимальных скоростей хода транспортных судов в зависимости от условий эксплуатации, результаты которого представлены в табл. 2.

Приведенные в табл. 2 низкие значения КПД гребных винтов соответствуют расчетным неблагоприятным условиям (завершение эксплуатации судна, два года не производилось докование, погодные условия соответствуют сильному шторму, угол ветра и направления волнения наиболее неблагоприятный).

Более подробно этот вопрос рассмотрен в [5]. хода транспортных судов в зависимости от возможных условий эксплуатации.

Таблица 3. Падение скорости хода судна, уз, в зависимости от изменения условия эксплуатации

Изменение условий	Судно		
	крупнотоннажное	среднетоннажное (скоростное)	малотоннажное
1. Благоприятные – ПСИ	1,0...2,0	2,0...3,0	2,0...3,0
2. ПСИ – представительные	2,0...2,5	1,5...2,5	3,0...3,5
3. ПР – неблагоприятные	6,0...7,0	1,5...3,0	3,0...4,0

ВЫВОДЫ

1. Как установлено, для транспортных судов с прямой передачей мощности на гребной винт при изменении условий эксплуатации наблюдается падение скорости хода у крупнотоннажных судов до 7 уз, у среднетоннажных – до 3 уз, у малотоннажных – до 4 уз.

2. Приведенные численные данные о скоростях хода транспортных судов и данные об изменении этих скоростей позволят более корректно определять возможности судна в разных условиях эксплуатации, что немаловажно при заключении договоров о работе судна в «тайм-чартере», а также при оценке расхода топлива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Кот, В. П.** Влияние срока эксплуатации судна на расход топлива главной силовой установки транспортных рефрижераторов [Текст] / В. П. Кот // Рыбное хозяйство Украины. – 2000. – № 5. – С. 21–22.
- [2] Проектування пропульсивної установки суден з прямою передачею потужності на гвинт [Текст] : навч. посіб. / В. П. Шостак, В. І. Гершаник, В. П. Кот, М. С. Бондаренко. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – 500 с.
- [3] Справочник по теории корабля [Текст]. Т. 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители / под ред. Я. И. Войткунского. – Л. : Судостроение, 1985. – 768 с.
- [4] **Шостак, В. П.** Пропульсивные характеристики транспортных рефрижераторов / В. П. Шостак, В. И. Гершаник, В. П. Кот // Рыбное хозяйство Украины. – 2001. – № 1. – С.47–48.
- [5] **Шостак, В. П.** Влияние конструктивных особенностей гребных винтов на пропульсивные характеристики энергетической установки [Текст] / В. П. Шостак, Б. М. Лычко // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2008. – № 5 (422). – С. 66–71.

© Б. М. Личко

Надійшла до редколегії 19.04.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК

д-р техн. наук, проф. М. І. Радченко