

УДК 629.5.015.24

С.Н. Баскаков, Г.В. Егоров, А.В. Демидюк, В.А. Нильва

**БУКСИРОВОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛИ ТАНКЕРА RST27
В УСЛОВИЯХ РЕГУЛЯРНОГО ВОЛНЕНИЯ**

Наведено результати дослідження додаткового опору на регулярному хвилюванні танкера з великою повнотою обводів пр. RST27. Виявлено падіння коефіцієнтів додаткового хвильового опору з ростом чисел Фруда. Практично це означає наявність якоїсь мінімально допустимої швидкості ходу в умовах хвилювання. Зниження швидкості менше цього мінімуму може призвести до повної зупинки судна або зробити його некерованим.

Ключові слова: танкер, додатковий опір на хвилюванні, мінімально допустима швидкість ходу.

Приведены результаты исследования дополнительного сопротивления на регулярном волнении танкера с большой полнотой обводов пр. RST27. Выявлено падение коэффициентов дополнительного волнового сопротивления с ростом чисел Фруда. Практически это означает наличие некой минимально допустимой скорости хода в условиях волнения. Снижение скорости меньше этого минимума может привести к полной остановке судна или сделать его неуправляемым.

Ключевые слова: танкер, дополнительное сопротивление на волнении, минимально допустимая скорость хода.

Results of research of added resistance on regular waves of the tanker with the big fullness of contours of pr. RST27. Fall of coefficients of an additional wave drag with growth of Froude number is determined. Practically it means presence of certain minimum admissible of speed in the conditions of disturbance. Lowering of speed less than this minimum can lead to a full stopping of a vessel or make its not navigate.

Keywords: tanker, a added resistance on regular waves, the minimum allowable speed.

Способность сохранять скорость в условиях волнения является одним из важнейших требований к судну. Одним из факторов, помимо слеминага, разгона гребного винта, заливаемости, ускорений при качке, влияющих на величину достижимой скорости, является увеличение сопротивления на взволнованной поверхности. Это явление учитывается введением дополнительного сопротивления на волнении. С физической точки зрения «дополнительное сопротивление на волнении» описывает потерю энергии судном в результате генерации волн качающимся судном, а точность его определения зависит от точности определения характеристик качки судна.

Существует достаточно много методов оценки дополнительного сопротивления от самых простых эмпирических до современных вычислительных методов [1]. Среди них теоретические методы оценки дополнительного сопротивления: Havelock [2], Maruo [3], Joosen [4], Boese [5], Gerritsma и Beukelman [6]. Эффективность этих методов оценивалась различными авторами, и как было показано Strom-Tejse и др., [7] ни один из них не позволяет точно оценить дополнительное сопротивление в широком диапазоне форм корпуса судна и скоростей.

В работе [8] выполнен анализ и сопоставление результатов, полученных наиболее эффективным методом Faltinsen и Salvesen [9]. Данная работа основана на применении линейной гидродинамической теории и использовании метода плоских сечений. Однако, этот метод имеет ряд недостатков, ограничивающих область его применения. Он принципиально не применим для обводов с полными оконечностями, характерными для современных судов для перевозки массовых грузов и судов внутреннего и смешанного районов плавания, имеющих коэффициенты общей полноты и полноты ватерлинии существенно больше 0,9 [10]. Для судов смешанного района плавания, по сравнению с морскими, характерен малый надводный борт. Это приводит к возникновению нелинейностей, связанных с вероятным входом палубы в воду. Указанные обстоятельства ведут к тому, что наиболее надежным способом определения характеристик судов с большой полнотой в условиях волнения продолжает оставаться эксперимент.

В опытовом бассейне Одесского национального морского университета [11] были выполнены исследования мореходных качеств танкера пр. RST27 [12], разработанного Морским инженерным бюро и строящегося серией из 28 судов на верфях Украины и России.

Модель танкера пр. RST27 изготовлена в масштабе 1:55 из пенопласта и покрыта сплавом воска с парафином. Для обеспечения жесткости модель имеет деревянный каркас. Основные характеристики судна и его модели приведены в таблице 1.

В носовой оконечности в районах нулевого (носовой перпендикуляр) и первого теоретического шпангоута на модели установлены два турбулизатора из медной проволоки диаметром 1,5 мм.

Для оценки ходовых качеств судна пр. RST27 были выполнены буксировочные испытания его модели в условиях регулярного волнения. Об обводах корпуса можно судить по рис. 1.

Модель испытывалась при относительных длинах волн λ / L 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 и 1,50. Относительная высота волны принималась 1/40. Для относительной длины волны $\lambda / L = 0,50$ были выполнены испытания и при крутизне волны 1.30. О поведении модели в условиях волнения можно судить по рис. 2.

Таблиця 1

Основные характеристики судна и его модели

Величина	Обозначение	Разм.	Численное значение	
			Натурное судно	Модель
Длина между перпендикулярами	L _{пп}	м	137,1	2,493
Длина по КВЛ	L _{wl}	м	140,85	2,561
Ширина по КВЛ	B	м	16,70	0,304
Осадка	d	м	3,60	0,065
Коэффициент общей полноты	C _B	-	0,929	
Объемное водоизмещение	V	м ³	7881,06	0,0474
Весовое водоизмещение	D	т	7881,06	0,0474
Смоченная поверхность	S	м ²	3225,4	1,0662

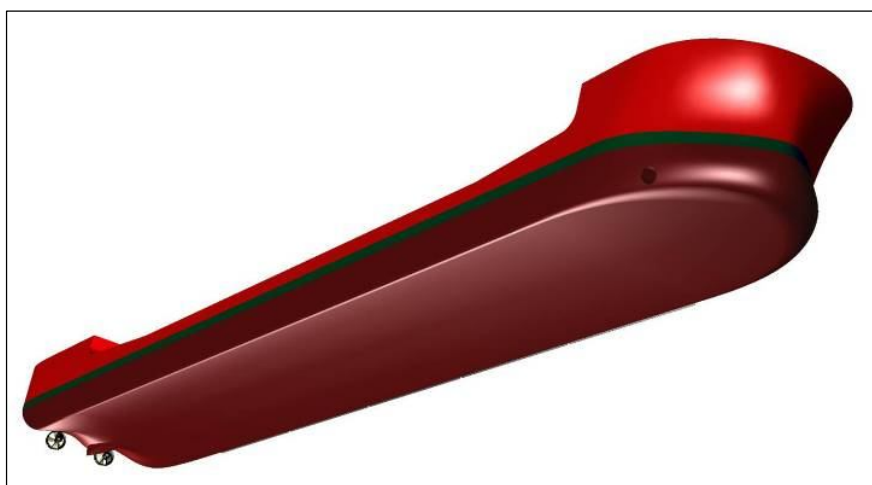


Рис.1. Обводы корпуса танкера пр. RST27

Результаты модельных испытаний пересчитаны на натурное судно по методике, описанной в [13]. На рис.3 представлены зависимости сопротивления воды от скорости хода в различных условиях. На рис. 4 приведены зависимости коэффициентов остаточного сопротивления от чисел Фруда.



*Рис.2. Движение модели в условиях регулярного волнения
 $\lambda/L = 0,75$; $h/\lambda = 1/40$; $Fr = 0,125$*

На рис. 5 приведены величины коэффициента дополнительного волнового сопротивления. Они находилось как разность коэффициентов остаточного сопротивления на волнении и на тихой воде

$$C_w = C_{r_{\text{на волнении}}} - C_{r_{\text{тихая вода}}}$$

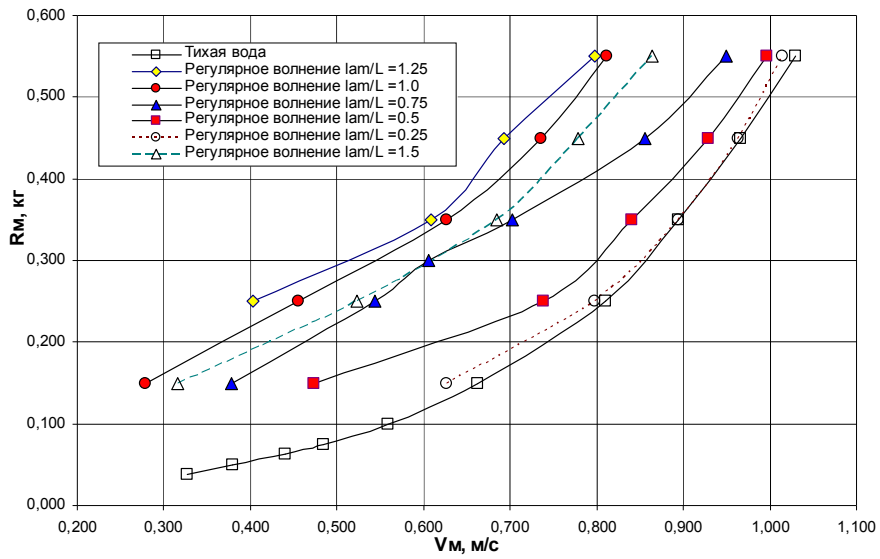


Рис. 3. Сопротивление модели танкера RST27 при осадке 4,20 м на регулярном волнении, $h/\lambda = 1/40$

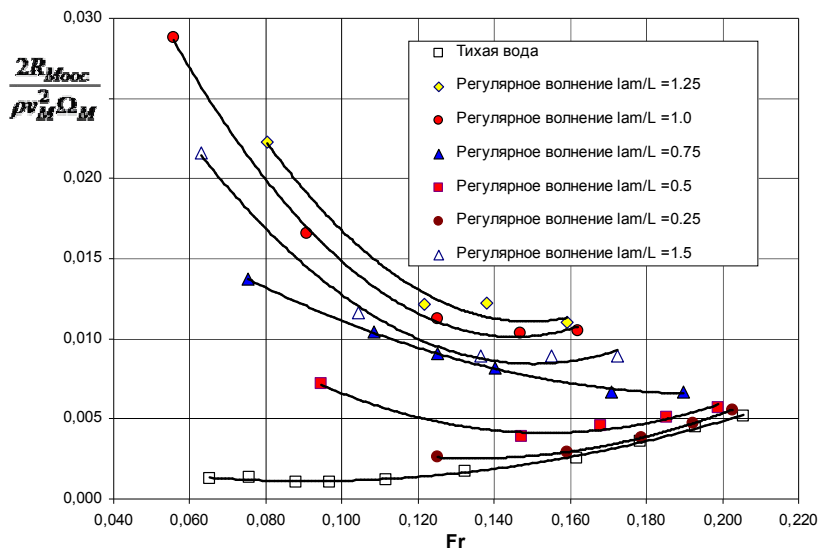


Рис. 4. Коэффициенты остаточного сопротивления танкера RST27, при осадке 4,20 м на регулярном волнении, $h/\lambda = 1/40$

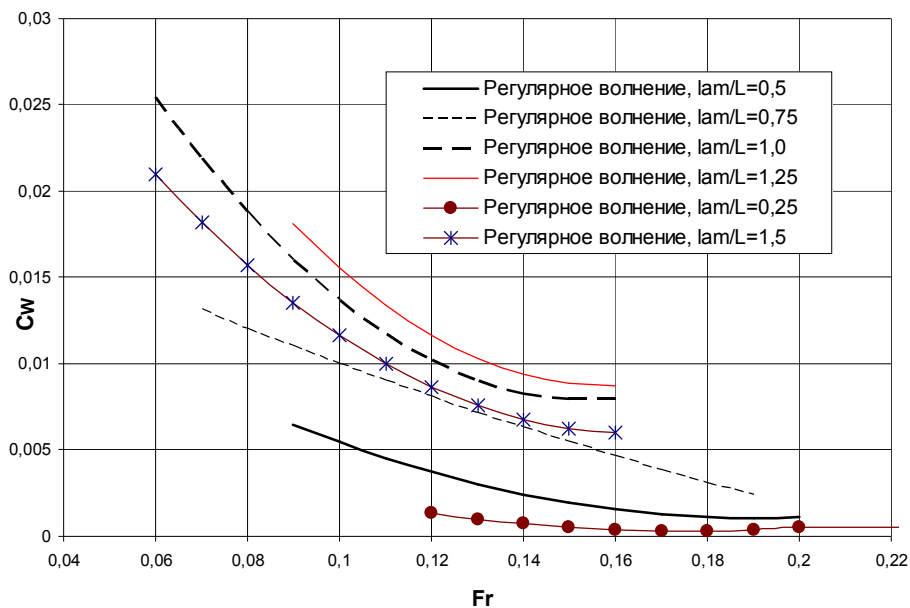


Рис. 5. Коэффициент дополнительного волнового сопротивления

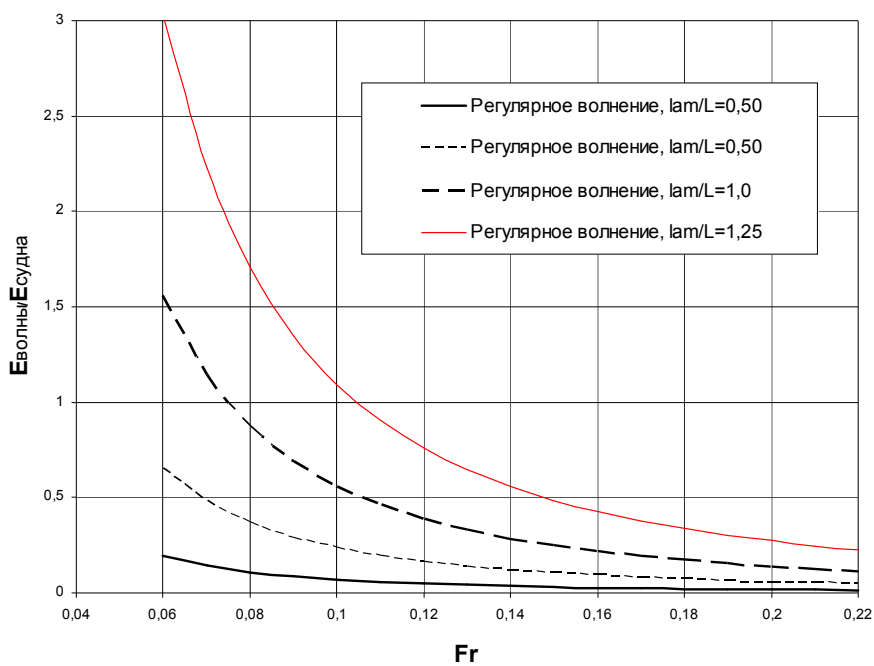


Рис. 6. Отношение энергии волны и кинетической энергии судна

Полная энергия волны в расчете на единицу длины гребня определялась по формуле

$$E = T + \Pi = \frac{\rho g}{2} \zeta_w^2 \lambda,$$

где T – кинетическая энергия;

Π – потенциальная энергия;

ρ – плотность жидкости;

g – ускорение силы тяжести;

ζ_w – амплитуда волны;

λ – длина волны.

В качестве длины гребня принималась ширина судна. Кинетическая энергия судна рассчитывалась по формуле

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

где m – масса судна

v – скорость судна

Из рис. 6 видно, что характер соотношений энергий волны и судна качественно соответствует величинам дополнительного волнового сопротивления.

Косвенно это подтверждается примененной в работе [8] процедурой обезразмеривания $\frac{R_{AW}}{\rho g \zeta_w^2 B^2 / L}$. Фактически обезразмеривание вы-

полняется по величине энергии волны.

В формах представления, приведенных в [8], полученные результаты имеют вид (рис.7). Характер полученных данных отличается от приводимых в [8], его особенность существенно больше значения коэффициентов дополнительного сопротивления на коротких волнах.

Практически это означает, наличие некоей минимально допустимой скорости хода в условиях волнения. Снижение скорости меньше этого минимума может привести к полной остановке судна или сделать его неуправляемым. Эта ситуация может быть чрезвычайно опасной. Качественно этот вывод подтверждается результатами модельных испытаний – а точнее невозможностью получить результат на малом ходу в условиях волнения.

Обоснование минимально допустимой скорости хода судна в условиях реального волнения является сложной технико-эксплуатационной задачей. При ее решении необходим учет работы гребного винта при качке, характеристик и условий работы гребного винта,

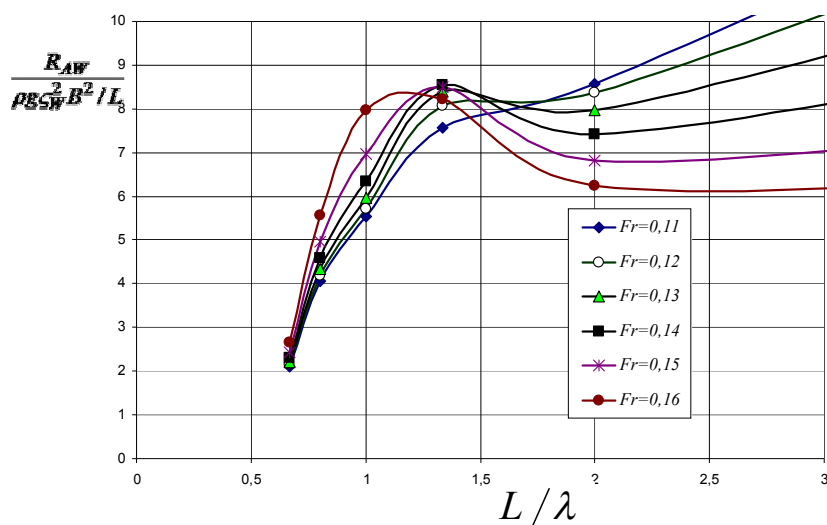


Рис. 7. Зависимость коэффициентов дополнительного волнового сопротивления от длин волн

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. PRPIĆ-ORŠIĆ, J., NABERGOJ, R., TRINCAS, G.: «The Methods of Added Resistance Estimation for Ships in a Seaway», Symposium Sorta 2008, Pula, Croatia, 2008.
2. HAVELOCK, T.H.: «Drifting Force on a Ship among Waves», Philosophical Magazine 33, 1942.
3. MARUO, H.: «The Excess Resistance of a Ship in a Rough Seas», International Shipbuilding Progress 4 (85), 1957.
4. JOSSEN, W.P.A.: «Added Resistance in Waves», The 6th Symposium on Naval Hydrodynamics, Washington, 1966.
5. BOESE, P.: «Eine Einfache Methode zur Berechnung der Widerstandserhöhung eines Schiffes in Seegang», Technical Report 258, Institut für Schiffbau der Universität Hamburg, 1970.
6. GERRITSMAN, J., BEUKELMAN, W.: «Analysis of the Resistance Increase in Waves of a Fast Cargo-Ship», International Shipbuilding Progress 18 (217), 1972.
7. STROM-TEJSEN, J., YEH, H.Y.H., MORAN, D.D.: «Added Resistance in Waves», SNAME 81, 1973.
8. MATULJA D., SPORTELLIB., GUEDES SOARES C., PRPIĆ-ORŠIĆ J. Estimation of Added Resistance of a Ship in Regular Waves // Brodo Gradnja 62(2011)3, 259-264.
9. SALVESEN, N., TUCK, E.O., FALTINSEN, O. M.: «Ship Motions and Sea Loads», SNAME, Jersey City, 1970.

10. Егоров Г.В., Каневский Г.И., Станков Б.Н. Обоснование возможности создания танкера смешанного река-море плавания с предельно высоким коэффициентом общей полноты // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. – Вып. 20. – Одесса: ИздатИнформ, 2011. – С. 81-88.
11. Баскаков С.Н., Морозова И.В. Одесскому опытовому бассейну 80 лет // Судостроение и судоремонт. – 2012. – № 50. – С. 40-43.
12. Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Тонюк В.И. Особенности новых серий танкеров смешанного река-море плавания (проекты RST22M, RST25 и RST27) // Сб. трудов XI междунар. конф. «Российское судостроение и судоходство, Деятельность портов, освоение океана и шельфа «Нева 2011». – СПб., 2011. – С. 84-88.
13. Войткунский Я.И. Справочник по теории корабля. – Т. 1. – Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.

Стаття надійшла до редакції 21 вересня 2012 р.