

Список литературы

1. *Копцева Е. П.* Анализ содержания понятий износа основных фондов / Е. П. Копцева // Экономика и государственное управление речным транспортом: сб. науч. тр. — СПб.: СПбГУВК, 1999.
2. *Копылова В. В.* Рынок недвижимости и оценка недвижимости: учеб. пособие / Мин-во общественного и профессионального образования РФ, Иркутская гос. экон. академия. — Иркутск: Изд-во ИГЭА, 1999. — 76 с.
3. *Лазарев А. Н.* Принципы дифференциации норм и нормативов отчислений в амортизационный и ремонтные фонды по судам речного флота / А. Н. Лазарев // Сб. науч. тр. — СПб.: СПбГУВК, 1994. — С. 3–12.
4. *Лазарев А. Н.* Амортизация судов и их воспроизводство в условиях рыночных отношений / А. Н. Лазарев // Экономика транспорта России / под ред. А. И. Муравьева. — СПб.: Изд-во СПУЭФ, 1992. — С. 49–53.
5. *Никифоров В. Г.* Исследование методических вопросов установления оптимальных сроков службы судов / В. Г. Никифоров. — Л., 1970. — 60 с.
6. *Копцева Е. П.* Экономическая оценка износа судов речного флота: дис. ... канд. экон. наук / Е. П. Копцева. — СПб., 2002. — С. 54–55.

УДК 629.12

А. Д. Гофман,

д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРОВЕДЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В ОПЫТОВЫХ БАСЕЙНАХ ОГРАНИЧЕННЫХ РАЗМЕРОВ

INTERPRETATION OF A SHIP MODEL TESTS RESULTS IN TOWING TANK WITH RESTRICTED SIZE

Автором предлагается новый метод корректировки данных модельного эксперимента по измерению буксировочного сопротивления в опытовых бассейнах малого и среднего размеров. Предлагаемый метод требует проведения дополнительных расчетов, не вызывающих затруднений при машинной обработке результатов испытаний и затруднительных при их ручной обработке. Проводится оценка достоверности методики путем сравнения данных, полученных на одной и той же модели в опытовых бассейнах разных размеров.

The author presents the new method of ship model resistance correction while measurements are given in small or medium towing tank. The method requires additional computations easily made with help of compute, but difficult to be made manually. Verification of the method on a base of comparisons of the model resistance in towing tanks of different size is also presented.

Ключевые слова: опытовый бассейн, буксировочное сопротивление, скорость буксировки, число Фруда по глубине, число Фруда по длине.

Key words: towing tank, resistance, towing speed, depth Froude number, length Froude number.

Введение

Опытовые бассейны для проведения буксировочных и самоходных испытаний моделей принято подразделять на три группы [4]:

- большие опытовые бассейны (длиной от 250 до 400 м и более);
- средние опытовые бассейны (длиной от 100 до 200 м);
- малые опытовые бассейны (длиной менее 100 м).

Более половины существующих бассейнов можно отнести к числу малых и средних, результаты испытаний в которых могут быть искажены вследствие влияния стенок и дна. Результаты измерений, выполненные в таких бассейнах, должны быть соответствующим образом откорректированы.

Один из методов подобной корректировки был разработан в Английской национальной физической лаборатории (NPL) в Теддингтоне при участии S. Shuster [2, s. 95–96; 3] и Л. С. Артюшкова [1].

Для разработки методики в бассейне NPL, имеющем длину 168 м, ширину 9,25 м и глубину 3,8 м, одновременно буксировалось несколько одинаковых моделей, расположенных на равных по ширине расстояниях друг от друга. Тем самым было обеспечено симметричное обтекание центральной модели, соответствующее обтеканию ее в условиях ограниченной по ширине свободной поверхности воды.

В ходе исследования авторами [1–3] были выявлены два фактора, влияющие на величину сопротивления корпуса:

- увеличение скорости обтекания модели, обусловленное стесненностью потока в бассейне, по сравнению со скоростью обтекания той же модели в условиях тихой глубокой воды;
- уменьшение скорости распространения поверхностных волн в бассейне по сравнению со скоростью распространения волн той же модели в условиях тихой глубокой воды.

Методика, разработанная авторами на основании этих исследований, позволяет рассчитать изменение скорости и внести соответствующие поправки в величину скорости. Аналогичный метод был рекомендован 13 МКОБ для приближенной оценки влияния стесненности потока.

В настоящей работе предлагается способ корректировки самой кривой буксировочного сопротивления модели, также упоминающийся в [4], однако практически не использующийся.

1. Расчет поправки на стесненность потока при обработке результатов испытаний в опытовых бассейнах

1.1. Расчет поправки при буксировке моделей, пересекающих свободную поверхность.

Предположим, что в бассейне с прямоугольной формой сечения шириной b и глубиной h испытывается модель длиной L , шириной B и осадкой T .

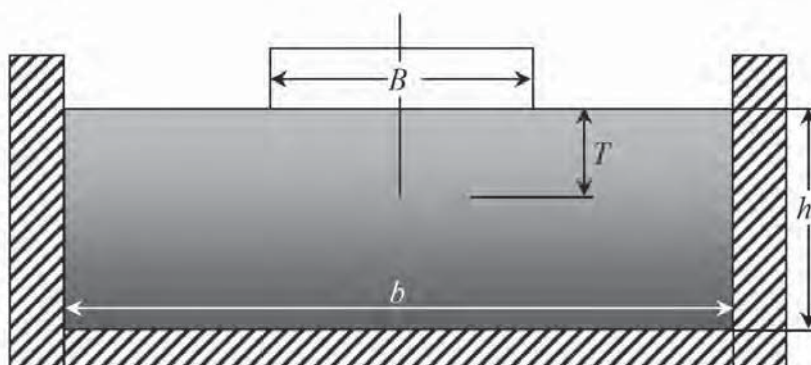


Рис. 1. Схема расположения надводной модели в бассейне

Скорость буксировки модели V варьируется в пределах от 0,1 до 2,5 м/с, что, как правило, соответствует числам Фруда $F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}} < 0,3$.

Основные параметры, обуславливающие изменение величины буксировочного сопротивления, были выявлены в процессе испытаний масштабной серии судна «Виктори» [4]. В число этих параметров входят:

— коэффициент стесненности потока, определяющийся соотношением площади миделевого сечения модели и площади сечения бассейна, то есть

$$m_1 = \frac{A_m}{A_{\text{танк}}} = \frac{B \cdot T}{b \cdot h}; \quad (1)$$

— число Фруда по глубине

$$F_{nh} = \frac{V_m}{\sqrt{g \cdot h}}. \quad (2)$$

Изменение скорости обтекания корпуса модели, обусловленное стесненностью бассейна, неизбежно повлияет на величину полного буксировочного сопротивления.

Будем считать, что полное сопротивление модели равно сумме сопротивления трения и остаточного сопротивления, а безразмерные коэффициенты трения и безразмерного остаточного сопротивления $C_{\text{хост}}$ не зависят от стесненности потока.

Тогда сопротивление модели в безграничной жидкости определится выражением

$$R = R_f(V) + R_w(V) = \xi \cdot 0,5\rho V^2 \Omega + C_{\text{хост}} \cdot 0,5\rho V^2 \Omega, \quad (3)$$

а сопротивление модели в канале — выражением

$$R_{\text{ch}} = R_f(V_{\text{ch}}) + R_w(V_{\text{ch}}) = \xi \cdot 0,5\rho(V + \Delta V)^2 \Omega + C_{\text{хост}} \cdot 0,5\rho(V + \Delta V)^2 \Omega, \quad (4)$$

где V — скорость буксировки модели; ΔV — изменение скорости, обусловленное стесненностью потока.

Дополнительная сила, действующая на буксируемую в канале модель, определится формулой

$$\Delta R = R_{\text{ch}} - R = R \cdot \left(\frac{R_{\text{ch}}}{R} - 1 \right). \quad (5)$$

Вычитая из выражения (4) выражение (3) и проводя тождественные преобразования, получим формулу для расчета ΔR в виде

$$\Delta R = (-V^2 + (V + \Delta V)^2) \cdot (\xi + C_{\text{хост}}) \cdot 0,5\rho \Omega = (2V\Delta V + \Delta V^2) \cdot (\xi + C_{\text{хост}}) \cdot 0,5\rho \Omega$$

или

$$\Delta R = \left(2 \frac{\Delta V}{V} + \left(\frac{\Delta V}{V} \right)^2 \right) \cdot (\xi + C_{\text{хост}}) \cdot 0,5\rho \cdot V^2 \cdot \Omega. \quad (6)$$

Разделив обе части уравнения на величину $(\xi + C_{\text{хост}}) \cdot 0,5\rho \cdot V^2 \cdot \Omega$, определяющую величину продольной силы в безграничной жидкости, получим выражение для расчета поправки на стесненность канала в безразмерном виде:

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta R}{R} = \left(2 \frac{\Delta V}{V} + \left(\frac{\Delta V}{V} \right)^2 \right), \quad (7)$$

где $\Delta V/V$ — отношение изменения скорости обтекания модели из-за стесненности канала ΔV к скорости буксировки V , соответствующей скорости буксировки модели в безграничной жидкости.

Величину $\Delta V/V$ можно определить по эмпирической формуле Шустера [2; 3], которая имеет вид

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{m_1}{1 - m_1 - F_{nh}^2} + \left(1 - \frac{R_f}{R} \right) \cdot \frac{2}{3} \cdot F_{nh}^{10} = \frac{m_1}{1 - m_1 - F_{nh}^2} + \left(\frac{\Delta R}{R} \right) \cdot \frac{2}{3} \cdot F_{nh}^{10}, \quad (8)$$

где m_1 — коэффициент стесненности потока, рассчитываемый по формуле (1); F_{nh} — число Фруда по глубине; R_{ch} — сопротивление модели в канале; R — сопротивление модели в безграничной жидкости.

После подстановки выражения (8) в выражение (7) и проведения тождественных преобразований получим уравнение для определения ε_R :

$$2 \cdot \left(\frac{m_1}{1 - m_1 - F_{nh}^2} - (\varepsilon_R) \cdot \frac{2}{3} \cdot F_{nh}^{10} \right) + \left(\frac{m_1}{1 - m_1 - F_{nh}^2} - (\varepsilon_R) \cdot \frac{2}{3} \cdot F_{nh}^{10} \right)^2 - \varepsilon_R = 0. \quad (9)$$

Формула для расчета сопротивления судна на глубокой воде по результатам испытаний модели в средних и малых бассейнах примет вид

$$R = \frac{R_{ch}}{1 + \varepsilon_R}. \quad (10)$$

1.2. Расчет поправки при буксировке подводных моделей.

Расчет поправки на стесненность потока в случае буксировки подводной модели выполняется по формулам (9) и (10).

Однако при расчете коэффициента стесненности потока m_1 и числа Фруда по глубине F_{nh} глубина бассейна уменьшается на величину заглубления модели под свободную поверхность, то есть

$$m_{1un} = \frac{A_m}{b \cdot (h - D)}, \quad (11)$$

$$F_{nhun} = \frac{V}{\sqrt{g(h - D)}}, \quad (12)$$

где A_m — площадь максимального сечения модели; D — глубина погружения модели под свободную поверхность (рис. 2).

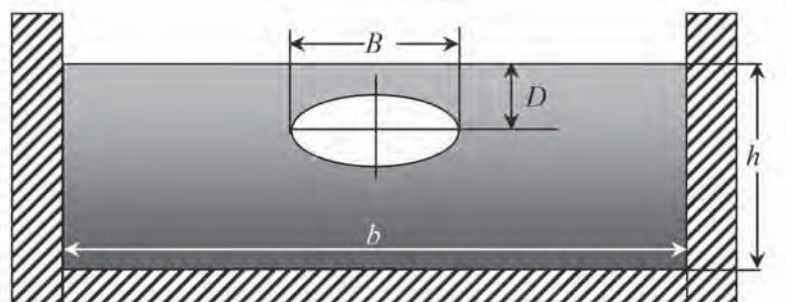


Рис. 2. Схема расположения подводной модели в бассейне

1.3. Расчет корректирующей поправки на примере водоизмещающего судна.

Для верификации методики была испытана модель водоизмещающего судна, имеющего следующие главные размерения:

- длина по КВЛ — 5,31 м;
- ширина — 1,192 м;
- осадка — 0,346 м;
- водоизмещение — 1,336 м³.

Скорость буксировки модели изменялась в пределах от 1 до 2,15 м/с, что соответствовало диапазону чисел Фруда: $0,14 \leq F_n \leq 0,3$.

Испытания проводились в опытовом бассейне ГУМРФ, имеющем следующие характеристики:

- длина бассейна — 120 м;

— ширина бассейна — 6,0 м;

— глубина бассейна — 3,0 м.

Размеры бассейна позволяют отнести его к числу средних бассейнов, результаты измерений буксировочного сопротивления в котором требуют корректировки данных измерения.

Таблица 1

Результаты измерения буксировочного сопротивления модели в разных бассейнах

Испытания в ГУМРФ			Испытания в KSRI	
$V(m/s)$	$R_{ch}(N)$	$R_{inf}(N)$	$V(m/s)$	$R_{inf}(N)$
1	2	3	4	5
1,086	23,41	22,49		
1,090	21,75	20,90		
1,190	32,99	31,66		
1,192	29,12	27,95		
1,305	40,91	39,21	1,45	49,6
1,395	48,10	46,05	1,50	53,7
1,403	39,26	37,59	1,55	58,0
1,490	54,92	52,52	1,60	62,7
1,493	54,00	51,64	1,65	67,7
1,576	63,58	60,74	1,70	73,1
1,670	82,01	78,26	1,75	78,8
1,674	86,81	82,83	1,80	85,0
1,681	77,59	74,03	1,85	91,5
1,763	88,19	84,05	1,90	98,5
1,862	100,81	95,95	1,95	106,0
1,972	106,16	100,89	2,00	113,9
2,030	130,48	123,91	2,05	122,4
2,088	144,31	136,93	2,10	131,3
2,113	146,15	138,62	2,15	140,8
2,159	145,04	137,48	2,20	150,9
2,247	180,25	170,63	2,25	161,5
2,262	178,96	169,38	2,30	172,8

Результаты измерения буксировочного сопротивления модели приведены в табл. 1 в зависимости от скорости буксировки. В столбцах 1–3 показаны данные для опытового бассейна ГУМРФ. В столбцах 4–5 показаны данные для опытового бассейна KSRI. Измерения проводились на одной и той же модели.

В столбце 2 приведены данные измерения на модели в канале. В столбце 3 приведены откорректированные данные с учетом влияния стесненности канала.

Ниже (рис. 3) приведены результаты сравнения буксировочного сопротивления модели в безграничной жидкости.

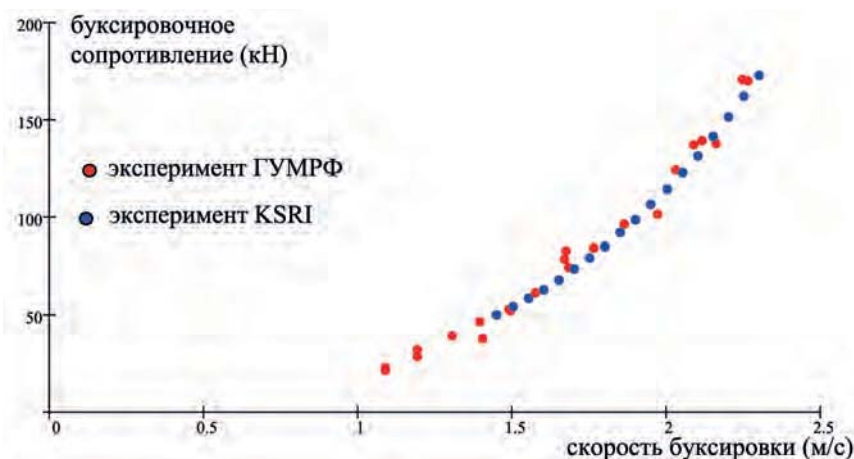


Рис. 3. Результаты сравнения буксировочного сопротивления модели в безграничной жидкости

Сравнение результатов показывает, что предлагаемый метод корректировки результатов измерения буксировочного сопротивления дает удовлетворительные результаты и может быть использован при машинной обработке результатов испытаний.

Список литературы

1. *Артюшков Л. С.* Расчеты сопротивления при движении судов в особых условиях / Л. С. Артюшков. — Л.: ЛКИ, 1983.
2. *Schuster S.* Beitrag der Frage der Kanalkorrektur bei Modellversuchen / S. Schuster // Schiffstechnik. — 1955–1956. — Bd. 5.
3. *Schuster S.* Verfahren zur Kanalkorrektur bei Modellversuchen, Symposium on the towing tank facilities / S. Schuster. — Zagreb, 1959. — Paper № 16.
4. Справочник по теории корабля. — Л.: Судостроение, 1985. — Т. 1.

УДК 621.001.5:331.01

А. Г. Ташевский,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет»;

А. К. Наумова,
начальник отдела,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ СУДОСТРОЕНИЯ

MATHEMATICAL MODELING OF INNOVATIVE PROCESSES IN COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS IN RELATION TO THE PROBLEMS OF SHIPBUILDING

На основе теоретико-вероятностной схематизации инновационных процессов и предложенного аналитического аппарата получена плотность функции распределения (лага) времени внедрения нового модуля сложной технической системы.

On the basis of probability-theoretical schematic innovation processes and the proposed analytical apparatus obtained density distribution function (lag) since the introduction of a new module of the technical system.

Ключевые слова: сложная система, инновация, функция распределения, законы распределения, типовой модуль, стимулирующий фактор, стохастическое доминирование, ограниченная информация.

Key words: complex systems, innovation, distribution function, distribution law, module types, stimulating factor, stochastic dominance, limited information.