

УДК 532.582.4:534-143

ЗНИЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПОЛІВ, ЩО ГЕНЕРУЮТЬСЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Ю. М. Савченко[†], Ю. Д. Власенко, Г. Ю. Савченко

*Інститут гідромеханіки НАН України
вул. Марії Капніст, 8/4, 03057, Київ, Україна*

[†]*E-mail: office@hydromech.com.ua*

Отримано 27.02.2018

У ряді випадків при русі водних транспортних засобів доцільним є зменшення породжених ними хвильових збурень. Цього можна досягти, наприклад, за рахунок інтерференції поверхневих хвиль з належним чином спроектованою системою корпусів багатокорпусного судна з малою площею ватерлінії. Ще один спосіб реалізації незбурюючого руху полягає у застосуванні корпусу з внутрішнім каналом. У цьому контексті важливою є також проблема взаємодії рушія та корпусу судна. У цій статті розглянуто можливі схеми реалізації незбурюючого руху, коли поле поверхневих хвиль від руху тіла відсутнє поза обмеженою областю навколо нього. Підтверджено принципову можливість організації такого режиму у випадку рівномірного прямолінійного руху тіла спеціальної форми по поверхні рідини. Детально розглянуто схему з каналом у тілі та схему з рушіями у основному потоці. Показано можливість придушення повільно затухаючих складових збурень при використанні схеми з рушіями в основному потоці. Наведені результати математичного моделювання вказують на можливість суттєвого — на два-три порядки — зниження збурень у порівнянні з традиційними схемами руху. Зауважено, що задача мінімізації поверхневих збурень не завжди еквівалентна задачі зниження опору. Оцінено затрати енергії, потрібні для подолання внутрішнього тертя в каналі й зовнішній поверхні тіла. Наведено аналітичні вирази для розрахунку необхідних перепадів швидкості й тиску на поверхнях, які обмежують контрольний об'єм. Результати експериментів з моделями, що рухаються по поверхні води, підтвердили можливість усунення систем супутніх поверхневих хвиль. Особливістю конструкції експериментальних зразків була наявність внутрішнього каналу для потоку набігаючої рідини. При цьому використовувались обводи корпусу за схемою «Джонка». Продемонстровано роль працюючого рушія для організації незбурюючого режиму руху.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: незбурюючий рух, хвильовий опір, багатокорпусне судно, внутрішній канал, рушій

1. ВСТУП

Розгляд робіт, присвячених мінімізації збурень, що виникають при русі тіл у рідині, доцільно почати з робіт по мінімізації опору руху тіл. Традиційний напрямок досліджень — це мінімізація хвильового опору корабля. На відміну від загального випадку, коли мета полягає у запобіганні виникненню певних компонент збурень, тут мінімізація досягається за рахунок інтерференції створених судном хвильових систем [1, 2].

У простішому випадку судно створює дві хвильові системи: носову і кормову, кожна з яких включає поперечні хвилі і хвилі, що розходяться. Гребені хвиль, що розходяться, знаходяться на лініях, які утворюють певний кут із напрямком руху судна. Поперечні хвилі розміщуються у межах цього кута, а область поза ним залишається практично незбуреною.

За допомогою належного вибору довжини судна можна організувати сприятливу взаємодію носової й кормової систем поперечних хвиль. Організувати таку інтерференцію для хвиль, що розходяться, на однокорпусному судні неможливо, оскільки вони, як і прилягаючі ділянки поперечних хвиль із носової системи, знаходяться поза межами досяжності кормової системи хвиль.

Інша справа — багатокорпусні судна [3]. У принципі, тут можна вибрати таку форму корпусів і розмістити їх таким чином, що хвильові збурення поза контуром катамарану будуть відсутні. Це питання було докладно опрацьовано в зв'язку з розробкою суден з малою площею ватерлінії (СМПВ) [4–12]. Таке судно складається з надводної частини й підводних корпусів, з'єднаних з нею за допомогою стійок, які перетинають вільну поверхню. Практичним досягненням була розробка США на підприємстві “Skunk Works” SWATH катамарану “Sea Shadow” [10].

Питання взаємодії рушія та корпусу судна детально висвітлюються в суднобудівній літературі. Зокрема, деякі результати цих досліджень мають інтерес з точки зору організації незбуреного руху. Взаємодію рушія з корпусом судна розглянуто у роботах [8–10]. Особливість цих робіт полягає в тому, що корпус і рушій розглядаються не як незалежні системи (як це робилося раніше), а як єдиний комплекс.

У публікаціях [11–13] під незбуреним рухом тіла розуміли такий його рух, при якому інформація про нього буде відсутня поза деякою обмеженою областю простору, яка містить тіло, що рухається. Для того щоб організувати такий рух необхідно рідину, яка знаходиться перед тілом, перемістити через внутрішню порожнину тіла в його кормову частину, відновивши її первинні кінематичні характеристики.

Метою цих досліджень було досягнення мінімального опору при збереженні деяких інших характеристик — підіймальної сили крила або об'єму корпусу судна. При цьому мінімізувались деякі інтегральні характеристики збурень, локальні ж збурення могли залишатися скільки завгодно великими. Вимоги мінімізації опору і мінімізації збурень не завжди еквівалентні. Тому при формулюванні задачі необхідно визначити, які саме збурення і в якій частині простору необхідно мінімізувати, а також яка міра збурень розглядається.

У даній статті підтверджується принципова можливість організації такого режиму у випадку рівномірного прямолінійного руху тіла спеціальної форми по поверхні рідини. Її особливість полягає в наявності в тілі внутрішнього каналу. Наводяться аналітичні вирази для розрахунку необхідних перепадів швидкості й тиску на поверхнях, які обме-

жують контрольний об'єм.

Розглянуто кілька схем реалізації незбуреного руху, а саме, — схему з проникною поверхнею, схему з каналом у тілі, схему з рушіями у основному потоці. Показано можливість придушення повільно затухаючих складових збурень при використанні схеми з рушіями в основному потоці.

Слід зазначити, що незбурений режим руху реалізується лише при рівномірному прямолінійному русі. Будь-які відхилення від цього режиму породжують збурення, зниження рівнів яких може становити серйозні труднощі. Реальними засобами боротьби з такими збуреннями є підтримання сталої швидкості та вибір, по можливості, більш плавної траєкторії руху.

2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЗБУРЕНОГО РУХУ

Представимо потенціал течії у вигляді суми:

$$\Phi(x, y, z) = V_0 X + \phi(x, y, z), \quad (1)$$

тоді при обтіканні непроникного тіла на його поверхні має виконуватись умова

$$\frac{\partial U}{\partial n} = -V_0 \cos(n, x). \quad (2)$$

Якщо ж на межі тіла виконана умова $\partial\phi/\partial n = 0$, то збурення в зовнішньому потоці не буде, проте всередину тіла через кожен елемент поверхні ds надійде рідина в кількості

$$dq = V_0 \cos(n, x) ds. \quad (3)$$

Якщо площа найбільшого перерізу тіла дорівнює F_m , то загальна витрата рідини через тіло буде $V_0 F_m$. Рідина, що надійшла в носову частину тіла, має бути транспортована до його кормової частини й повернена в потік (Рис. 1). Нехай для цієї мети використовується частина перерізу тіла з площею F_i . Тоді середня швидкість внутрішньої течії задається співвідношенням

$$V_i = V_0 \frac{F_m}{F_i}. \quad (4)$$

Надалі обмежимося найпростішим випадком, коли тіло є круговим циліндром із зовнішнім діаметром D_m , площею перерізу F_m і довжиною L , а рідина перетікає по центральному каналу діаметром D_i .



Рис. 1. Принцип незбурюючого руху

Нехай коефіцієнт тертя зовнішньої поверхні становить C_e , а внутрішній — C_i . Тоді опір тертя зовнішньої поверхні становить

$$P_e = C_e \frac{\rho V_0^2}{2} \pi D_m L, \quad (5)$$

а потужність, витрачена на подолання цього опору, —

$$N_e = V_0 P_e = C_e \frac{\rho V_0^3}{2} \pi D_m L. \quad (6)$$

Опір тертя внутрішньої поверхні визначається як

$$P_i = C_i \frac{\rho V_i^2}{2} \pi D_i L = \frac{\rho V_0^2}{2} \pi D_i L C_i \left(\frac{D_m}{D_i} \right)^2 = P_e \frac{C_i}{C_e} \left(\frac{D_m}{D_i} \right). \quad (7)$$

Потужність, що витрачається на його подолання не створює зовнішніх збурень і дорівнює

$$N_i = V_i P_i = \frac{\rho V_0^3}{2} C_i \left(\frac{D_m}{D_i} \right)^2 = N_e \frac{C_i}{C_e} \left(\frac{D_m}{D_i} \right)^2. \quad (8)$$

Отже, потужність, витрачена на подолання внутрішнього тертя в каналі, істотно перевершує потужність, яка витрачається на подолання опору тертя зовнішній поверхні тіла.

Кінетична енергія рідини, що втікає через переріз F_m із швидкістю V_0 за одиницю часу, становить

$$N_{Ke} = \frac{\rho V_0^3}{2} F_m, \quad (9)$$

а кінетична енергія рідини, що протікає у внутрішньому каналі —

$$N_{Ki} = \frac{\rho V_i^3}{2} F_i = \frac{\rho V_0^3}{2} \left(\frac{D_m}{D_i} \right)^2. \quad (10)$$

Потужність, потрібна для прискорення рідини від швидкості V_0 до швидкості V_i , буде

$$\Delta N_K = N_{Ki} - N_{Ke} = N_{Ke} \left[\left(\frac{D_m}{D_i} \right)^2 - 1 \right]. \quad (11)$$

зауважимо, що на виході з системи ця потужність може бути використана. Повна потужність, що підводиться до рідини у внутрішньому каналі, складе

$$N_\Sigma = \Delta N_K + N_{Ki}. \quad (12)$$

Для подолання сили зовнішнього опору P_e (див. рівняння (5)) необхідно створити тягу за рахунок того, що рідина викидається зі швидкістю, більшої від швидкості V_0 на величину ΔV :

$$\Delta V = 2C_f V_0 \frac{L}{D_m}. \quad (13)$$

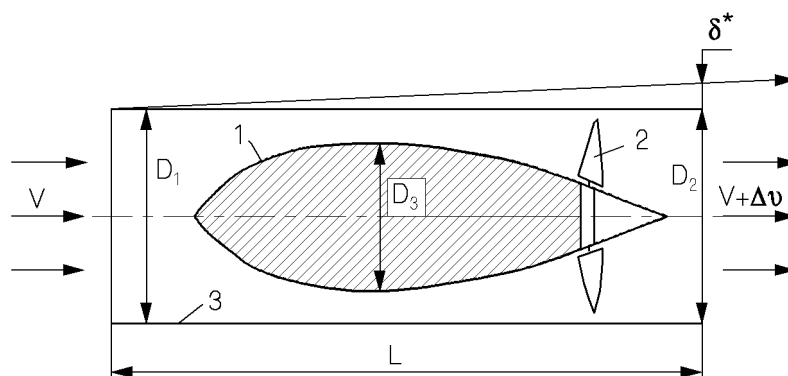


Рис. 2. Схема моделі корпус-рушій «Тіло в каналі»:

1 — тіло традиційної форми; 2 — рушій гвинтовий; 3 — зовнішній циліндричний корпус

Безповоротні витрати складаються з суми енергій компенсації в'язкого опору (6) і (8):

$$N_{\Sigma} = N_e + N_i. \quad (14)$$

На схемі (Рис. 2) показана конструкція базової моделі проточного корпусу, що має властивість незбуреного руху із зовнішніми обводами у формі кругового циліндру. Відповідно до схеми, внутрішній корпус 1 з корисним об'ємом має традиційні обриси тіла обертання з кормовим гвинтом 2, розміщеним усередині зовнішнього циліндричного корпусу 3.

Під час руху гвинтовий рушій забезпечує прокачування всієї рідини, що втікає в циліндричний корпус по внутрішньому каналу, та викидає її в слід через кормовий отвір з доданою швидкістю, яка компенсує втрату імпульсу на опір тертя зовнішньої поверхні циліндричного корпусу. Якщо рух рівномірний та прямолінійний, то така система не створює зовнішніх полів швидкостей та тиску, окрім турбулентності в кільватерному сліді. Відсутність хвильового опору, поверхневих хвиль, критичних швидкостей руху досягається в цьому разі за рахунок збільшення змоченої поверхні корпусів і витрат енергії на прокачування води по внутрішньому каналу. Мінімізація цих витрат потребує спеціального розгляду та подальшого вивчення.

Схема незбуреного руху «Тіло в каналі» (Рис. 2) є дуже зручною для демонстрації принципу усунення хвильових збурень при русі тіла у воді. За цією схемою тіло будь-якої форми, розміщене всередині циліндричного корпусу достатньої довжини при наявності зазору між ними, не створює зовні хвильового поля та поверхневих хвиль при рівномірному прямолінійному русі у воді. Численні експерименти, проведені в гідролотках Інституту гідромеханіки НАН України на моделях спеціальної конструкції, підтверджують існування цього явища [13].

Оцінка зовнішнього опору моделі за схемою «Тіло в каналі» (див. Рис. 2) дається співвідношенням

$$R_3 = 0.0307 \left(\frac{V_0 L}{\nu} \right)^{-\frac{1}{7}} \frac{\rho V^2}{2} \pi \cdot DL. \quad (15)$$

Збурення зовнішньої течії можна оцінити, зауваживши формування на зовнішній поверхні циліндричного корпусу турбулентного примежового шару, який у кормі відтісняє

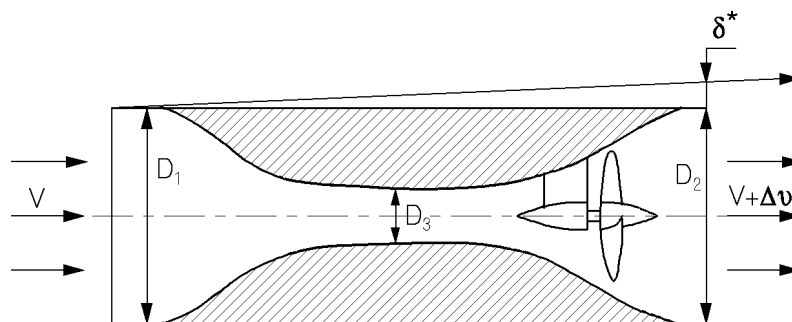


Рис. 3. Схема моделі «Тіло з каналом»

зовнішній потік від корпусу на товщину витіснення δ^* [13]:

$$\delta^* = 0.046L(\text{Re}_L)^{-1/5}. \quad (16)$$

Прискорення кільватерного сліду ΔV можна також вважати збуренням, та вираховувати його, порівнявши імпульс у сліді до зовнішнього опору (13):

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \xi C_f \cdot 2 \frac{L}{D}. \quad (17)$$

Наприклад, якщо взяти швидкість $V=10$ м/с, $L=100$ м, $\lambda=6$, то $\text{Re}_L = 10^9$, $\delta^*/L = 7 \cdot 10^{-4}$, $\Delta V/V=0.0186$, то збурення будуть досить малими. Однак витрати на прокачування рідини крізь внутрішній канал моделі (Рис. 2) будуть великими. Тому що, площа тертя внутрішнього каналу та швидкість протікання рідини в ньому будуть перевищувати значення для руху традиційного судна. Тому, одночасно з моделлю «Тіло в каналі» (Рис. 2) розглядалась модель конструкції за схемою «Тіло з каналом» (Рис. 3), яка має суттєво меншу змочену поверхню внутрішнього каналу при тих самих: корисному об'ємі та габаритних розмірах.

Досліджено поле швидкості, що створюється розміщеними поблизу тіла особливостями різних типів і показано, що ці особливості можуть породжувати течію, еквівалентну течії від додаткової особливості типу диполь, розміщеної всередині тіла. Комбінація декількох однотипних особливостей з відповідним чином підібраними інтенсивностями дозволяє знизити збурення далеко від тіла (Рис. 4 і 5).

3. ПОСТАНОВКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

Експеримент проводився в робочій частині гідродинамічної труби (ГДТ) розміром $2 \times 0.34 \times 0.34$ м в умовах постійного водопостачання (Рис. 6). За схемою «Тіло з каналом» (Рис. 3) досліджувалась модель, яка мала форму тіла обертання та модель судна з корпусом типу «Джонка». При цьому швидкість потоку V визначалась постачанням води $Q = 0.02$ м³/с та глибиною потоку H м:

$$V = \frac{Q}{HB} = \frac{0.059}{H}, \quad (18)$$

де $B = 0.340$ м — ширина каналу.

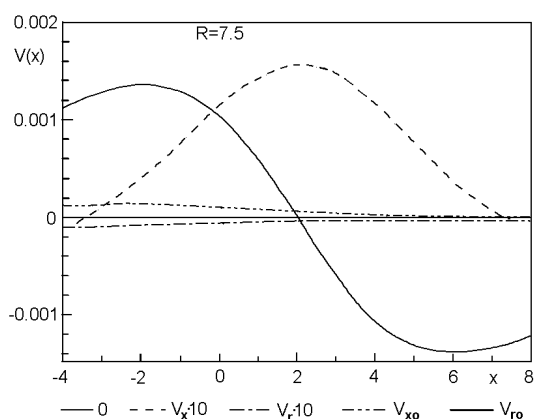


Рис. 4. Збурені швидкості на відстані $R = 7.5$ від вісі моделі:
 V_x , V_r – осьова та радіальна швидкість збурень;
 V_{x0} , V_{r0} – швидкість збурень без екрануючого корпусу 3 на Рис. 5

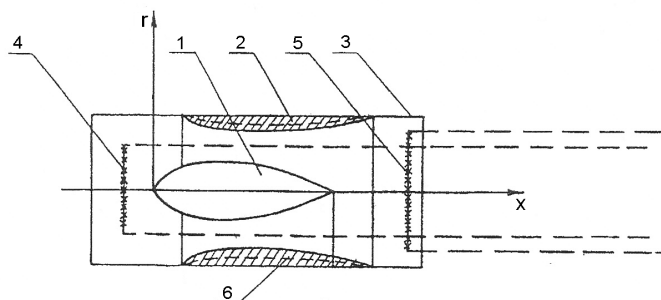


Рис. 5. Схема моделі:

1 – центральне тіло; 2 – кільцеве тіло; 3 – циліндричний корпус;
 4 – носовий рушій; 5 – кормовий рушій; 6 – середня лінія тіла

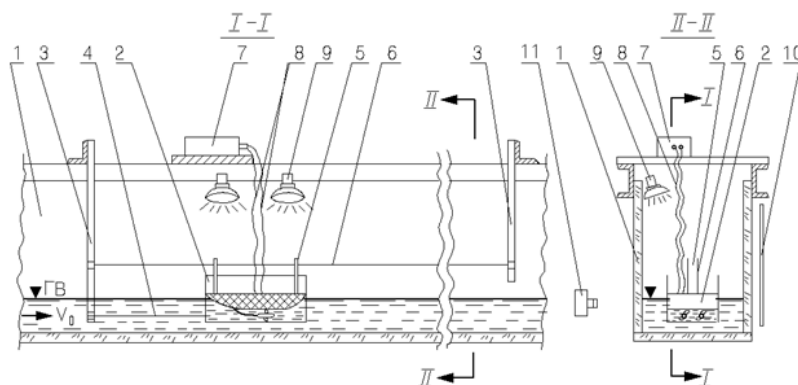


Рис. 6. Схема експерименту:

1 – канал із скляними стінками; 2 – модель; 3 – рейки з дротом 5 для стабілізації руху моделі в центральній площині каналу; 4 – фал для буксирування моделі; 5 – дріт; 6 – стійки на моделі, що стабілізують рух моделі; 7 – блок живлення електродвигуна моделі; 8 – електричний кабель; 9 – освітлювачі; 10 – екран освітлення; 11 – відеокамера реєстрації руху моделі

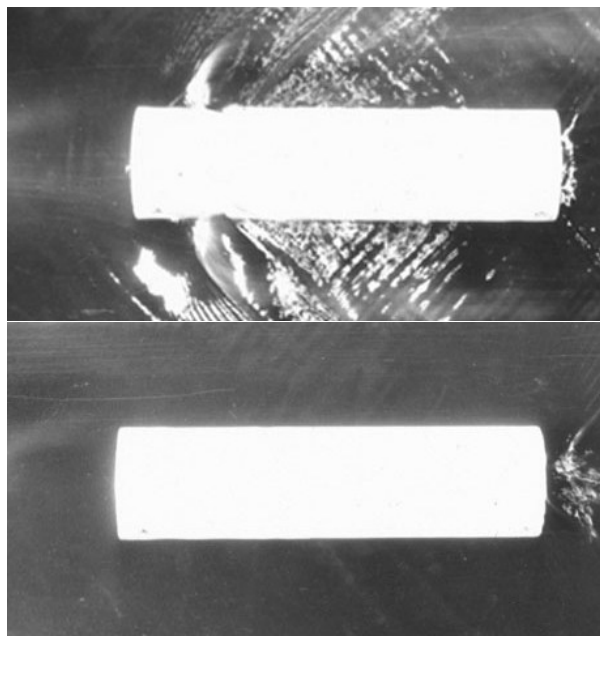


Рис. 7. Фотографії напівзануреної моделі «Тіло з каналом»:
 а — режим буксирування (рушій не працює);
 б — режим самоходу, видно кільватерний слід без поверхневих хвиль

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

На Рис. 7 представлено режими руху напівзануреної (плаваючої) моделі. Знімок Рис. 7а зроблено під час буксирування з непрацюючим двигуном, який супроводжувався генерацією системи поверхневих хвиль. Знімок Рис. 7б відповідає режиму самохідного руху моделі, коли двигун прокачує воду крізь внутрішній канал та компенсує зовнішній та внутрішній опір моделі. При цьому система поверхневих хвиль відсутня.

Фотографії хвильової картини при русі моделі «Джонка» в каналі можна бачити на Рис. 8 і 9. На Рис. 8 показано хвильову картину під час буксирування моделі традиційної форми корпусу без скегів та рушіїв. При швидкості руху $V=0.53$ м/сек відносна висота поверхневої хвилі становила

$$\bar{h}_x = \frac{h_x}{B} = \frac{18}{60} = 0.3.$$

На Рис. 9 через прозорі стінки каналу спостерігається картину поверхневих хвиль при буксирному русі моделі з непрацюючим рушієм в каналі. У цьому режимі модель утримується в потоці буксирним фалом. Крізь прозорі скегові стінки можна бачити, що гвинти не обертаються. Корпус моделі здиферентований у горизонтальній посадці. На знімку можна бачити передній хвильовий підпір та головну носову корабельну хвилю, висота якої становить $\bar{h}_x = h_x/B = 20.8/60 = 0.35$, тобто сягає 35% висоти корпусу моделі.

На Рис. 10 показано хвильову картину в режимі самохідного руху моделі, де поверхнева система хвиль практично не генерується. Передній хвильовий підпір також відсутній. На фото можна бачити змазані контури гвинтів, лопаті яких обертаються.

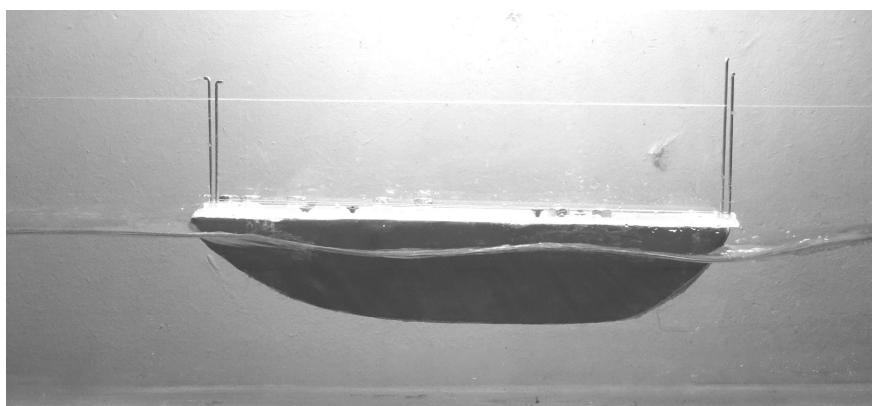


Рис. 8. Режим буксирування: $H=0.11$ м, $V=0.53$ м/сек, $\bar{h}_x=0.3$ м

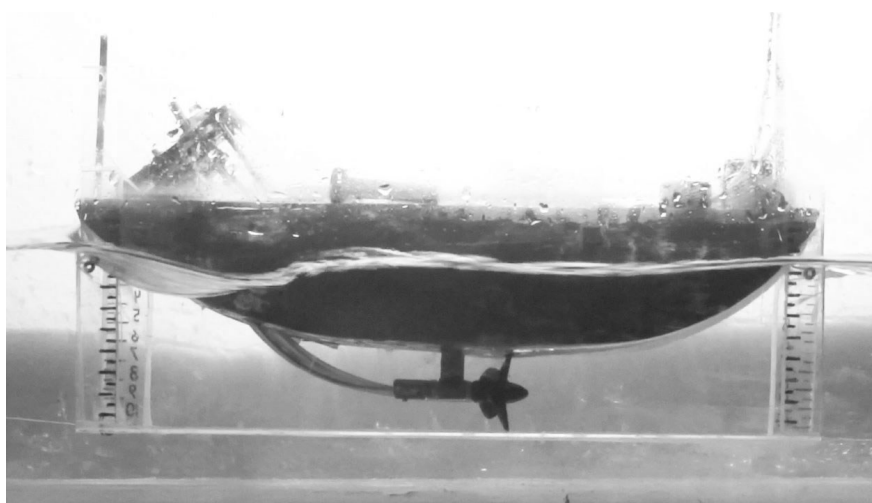


Рис. 9. Режим буксирування: $H=0.11$ м, $V=0.53$ м/сек, $\bar{h}_x=0.35$ м



Рис. 10. Самохідний рух: $H=0.11$ м, $V=0.53$ м/сек, $\bar{h}_x=0$

Також з'явився диферент на корму на 3° та кільватерний слід, властивий гвинтовим рушіям.

5. ВИСНОВКИ

1. Отримано експериментальні підтвердження ефективності схеми руху корпусів з проточним скеговим каналом з точки зору усунення системи супутніх поверхневих хвиль.
2. Спостережений ефект суттєвого зменшення поверхневих хвиль при русі поверхневих суден в цілому співпадає з аналогічними результатами для підводних апаратів, які рухаються поблизу вільної поверхні.
3. Актуальною слід вважати розробку рекомендацій щодо дизайну корпусів великого видовження з частковим скеговим огороженням в носовій та кормовій частинах.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Павленко Г. Е. Сопротивление воды движению судов. — Москва : Морской транспорт, 1956.
- [2] Костюков А. А. Взаимодействие тел, движущихся в жидкости. — Ленинград : Судостроение, 1972.
- [3] Дубровский В. А. Исследование волнового сопротивления катамарана // Судостроение. — 1968. — № 7. — С. 12–16.
- [4] Дубровский В. А. Основные особенности гидродинамики и технико-эксплуатационные качества судов с малой площадью ватерлинии // Судостроение. — 1993. — № 8–9. — С. 3–6.
- [5] Кузьменко А. В. Суда с малой площадью ватерлинии // Судостроение. — 1983. — № 8. — С. 9–13.
- [6] Numata E. Predicting hydrodynamic behavior of small-waterline-area twin-hull ships // Marine Technology. — 1981. — Vol. 18, no. 1. — P. 69–75.
- [7] Дубровский В. А. Расширение эксплуатационных возможностей быстроходных СМПВ // Судостроение. — 1990. — № 1. — С. 5–6.
- [8] Многокорпусные суда / под ред. Дубровского В. А. — Ленинград : Судостроение, 1978.
- [9] Кузьменко А. В. Создание СМПВ за рубежом // Судостроение. — 1990. — № 1. — С. 6–9.
- [10] Rich B. R., Janos L. Skunk works: A personal memoir of my years at Lockheed. — Boston, MA : Little Brown & Co., 1994. — 370 p.
- [11] Меркулов В. И. О возможности невозмущающего движения тела в жидкости // Известия СО АН СССР. Серия Технические науки. — 1986. — Т. 2. — С. 37–44.

- [12] Меркулов В. И. Управление движением жидкости. — Новосибирск : Наука, 1983.
- [13] Савченко Ю. М. О некоторых особых случаях обтекания тел жидкостью // Гидромеханика. — 1990. — № 62. — С. 76–79.

REFERENCES

- [1] G. E. Pavlenko, *Water drag to ship traffic*. Moscow: Morskoi Transport, 1956.
- [2] A. A. Kostyukov, *The interaction of bodies moving in a fluid*. Leningrad: Sudostroenie, 1972.
- [3] V. A. Dubrovskii, “Studying wave drag of a catamaran,” *Sudostroenie*, pp. 12–16, 1968.
- [4] V. A. Dubrovskii, “The main features of hydrodynamics and technical and operational qualities of small waterplane area twin hull ships,” *Sudostroenie*, pp. 3–6, 1993.
- [5] A. V. Kuzmenko, “Small-waterline-area twin-hull ships,” *Sudostroenie*, pp. 9–13, 1983.
- [6] E. Numata, “Predicting hydrodynamic behavior of small-waterline-area twin-hull ships,” *Marine Technology*, vol. 18, pp. 69–75, 1981.
- [7] V. A. Dubrovskii, “Expanding the operational capabilities of high-speed SWATH,” *Sudostroenie*, pp. 5–6, 1990.
- [8] V. A. Dubrovskii, ed., *Multihull ships*. Leningrad: Sudostroenie, 1978.
- [9] A. V. Kuzmenko, “Building SWATH abroad,” *Sudostroenie*, pp. 6–9, 1990.
- [10] B. R. Rich and L. Janos, *Skunk works: A personal memoir of my years at Lockheed*. Boston, MA: Little Brown & Co., 1994.
- [11] V. I. Merkulov, “On the possibility of non-perturbing motion of a body in a fluid,” *Izvestiia Sibirskogo Otdeleniia AN SSSR. Series Technical Science*, vol. 2, pp. 37–44, 1986.
- [12] V. I. Merkulov, *Fluid motion control*. Novosibirsk: Nauka, 1983.
- [13] Y. N. Savchenko, “On some special cases of fluid flow around bodies,” *Gidromekhanika*, pp. 76–79, 1990.

Ю. Н. Савченко, Ю. Д. Власенко, Г. Ю. Савченко
Снижение интенсивности гидродинамических полей,
генерируемых подвижными объектами

В ряде случаев при движении водных транспортных средств целесообразно уменьшать порожденные ими волновые возмущения. Этого можно добиться, например, за счет интерференции поверхностных волн с определенным образом спроектированной системой корпусов многокорпусного судна с малой площадью ватерлинии.

Еще один способ реализации невозмущающего движения заключается в применении корпуса с внутренним каналом. В этом контексте важна также проблема взаимодействия движителя и корпуса судна. В этой статье рассмотрены возможные схемы реализации невозмущающего движения, когда поле поверхностных волн от движения тела отсутствует вне ограниченной области вокруг него. Подтверждена принципиальная возможность организации такого режима в случае равномерного прямолинейного движения тела специальной формы по поверхности жидкости. Подробно рассмотрены схема с каналом в теле и схема с движителями в основном потоке. Показана возможность подавления медленно затухающих составляющих возмущений при использовании схемы с движителями в основном потоке. Приведенные результаты математического моделирования указывают на возможность существенного – на два-три порядка – снижения возмущений по сравнению с традиционными схемами движения. Замечено, что задача минимизации поверхностных возмущений не всегда эквивалентна задаче снижения сопротивления. Оценены затраты энергии, необходимые для преодоления внутреннего трения в канале и наружной поверхности тела. Приведены аналитические выражения для расчета необходимых перепадов скорости и давления на поверхностях, ограничивающих контрольный объем. Результаты экспериментов с движущимися по поверхности воды моделями подтвердили возможность устранения систем сопутствующих поверхностных волн. Особенностью конструкции экспериментальных образцов было наличие внутреннего канала для протока набегающей жидкости. При этом использовались обводы корпуса по схеме «Джонка». Продемонстрирована роль работающего движителя для организации невозмущающего режима движения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: невозмущающее движение, волновое сопротивление, многокорпусное судно, внутренний канал, движитель

Yu. N. Savchenko, Yu. D. Vlasenko, G. Yu. Savchenko
Reducing the intensity of hydrodynamic fields
generated by moving objects

In some cases, the reduction of generated wave disturbances is advisable in the motion of water vehicles. This can be achieved, for example, due to the interference of surface waves with a properly designed hull system of a multihull vessel with a small waterline area. Another way of implementing undisturbed motion is to use a hull with an internal channel. The problem of interaction between the propulsor and the ship's hull is also important in this context. This article considers possible schemes for organizing the undisturbed motion when the field of surface waves from the body motion is absent outside a limited area around it. The principal possibility of organizing such a regime in uniform straight-line motion of a body with a special surface shape in a liquid is confirmed. The schemes with the channel in the body and the propulsor in the main flow are considered in detail. The possibility of suppressing the slowly decaying component of disturbances when placing the propulsors in the main flow is shown. The results of mathematical modeling indicate the possibility of a significant, two to three orders reduction of disturbances in comparison with traditional vehicle designs. The task of minimizing surface disturbances is not always equivalent to reducing resistance. Therefore, the energy expenditures required to overcome the internal friction in the channel and the external body surface were estimated. The analytical expressions are given

for calculating the necessary velocity and pressure differences on the surfaces bounding the control volume. The results of experiments with the models moving on the water surface confirm the possibility of eliminating systems of accompanying surface waves. The specifics of the experimental sample design were the presence of an internal channel for the flowing liquid. At the same time, the contours of the hull according to the “Jonka” design were used. The role of a working engine in the organization of an undisturbed motion mode is demonstrated.

KEY WORDS: undisturbed motion, wave drag, multihull vessel, internal channel, propulsor