



ВОРОПАЄВ

Геннадій Олександрович – член-кореспондент НАН України, директор Інституту гідромеханіки НАН України

ДИНАМІКА ШВИДКОХІДНИХ СУДЕН: СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

За матеріалами доповіді на засіданні Президії НАН України 19 квітня 2023 року

У доповіді проаналізовано сучасне ставлення до проблем гідродинаміки швидкохідних суден та методи їх вирішення з комплексним застосуванням динамічних принципів підтримки та багатокорпусності суден. Наведено результати досліджень, на яких зосереджує свої наукові пошуки Інститут гідромеханіки НАН України і які є базою для вирішення фундаментальних та прикладних проблем гідродинамічного опору суден за великих чисел Фруда і Рейнольдса на основі подальшого розвитку теорії і методів експериментального дослідження та створення ефективних методів розрахунку гідроаеродинамічних характеристик швидкісних суден в умовах реального хвильового впливу.

Існування будь-якої людської цивілізації неможливо уявити без прагнення пізнати себе та оточення, а отже, і без засобів комунікації. Землянам «пощастило», що більшу частину поверхні нашої планети вкриває шар води різної глибини і досить великої щільності, що дозволяє відносно «легким» тілам утримуватися на її поверхні. Задовго до відкриття закону Архімеда для комунікації між віддаленими районами люди переміщувалися на збудованих ними суднах, які пливли за волею течій, хвиль та вітру. І якби водна поверхня завжди залишалася гладкою, судна не переверталися б і не тонули, а тому лише цікавості, скоріше за все, не вистачило б для появи гідродинаміки судна як науки. Що ж до швидкохідності переміщення, вона завжди була, є і буде поняттям відносним, тобто визначеним порівняно з чимось.

Від Давньої Греції до кінця XVIII ст., у часи панування гребних та вітрильних кораблів, основним науковим підґрунтям для побудови суден і визначення їхньої стійкості була статична гідромеханіка, заснована на законі Архімеда, а емпірична теорія рушія (вітрил), яка спирається на практичний досвід, обґрунтовувала морехідні характеристики суден з досить великою осадкою і великим видовженням. Використовуючи силу вітру і її дію на вітрила (у сучасному трактуванні – підйомну силу)



Рис. 1. Загальний вигляд дослідного басейну Інституту гідромеханіки НАН України

і реакцію води на корпус корабля, людство навчилося плавати як за напрямком вітру, так і під великими кутами до нього. Однак прогрес не дозволяв покладатися лише на волю стихій і галерні судна вже не забезпечували зростаючих військових потреб, тому з появою парової машини одразу знайшлися ентузіасти, які вирішили використати її як двигун для судна.

Наприкінці XVIII ст. у США було реалізовано проекти перших саморушних річкових суден, оснащених паровою машиною. Їхня швидкість плавання становила тоді не більш як 10 км/год. Це були судна з плоскодонними корпусами, про мореплавність яких взагалі не йшлося, а керування ними не потребувало спеціальних знань, проте вони засвідчили можливість комерційного використання такого типу суден. Застосування парового двигуна на морських суднах уперше було реалізовано у змішаному варіанті: на вітрильне судно встановили паровий двигун та колісний рушій, і 200 років тому воно перетнуло Атлантичний океан із середньою швидкістю близько 8 вузлів (~15 км/год). Можна вважати, що відтоді й розпочалася ера самохідних морських суден, швидкість і водотоннажність яких поступово зростали. Завдяки досвіду та знанням, що накопичила гідродинаміка судна того часу, менш ніж за 100 років максимальна швидкість збільшилася втричі. Ґрунтуючись на працях видатних математиків і механіків того

часу — Д. Бернуллі, Л. Ейлера, Ж. Д'Аламбера, О. Коші, П. Лапласа, А. Нав'є, було започатковано напрям теоретичної гідродинаміки, спроможний формулювати задачі динаміки судна та розв'язувати більшість з них. Було виведено системи рівнянь та визначено граничні умови, що описують силову взаємодію тіл різної форми під час їх руху в суцільному середовищі. І донині ми застосовуємо їх фактично без змін. Їхні розв'язки дозволяють знаходити значення вектора сили та вектора моменту, які діють на корпус судна при обтіканні потоком [1, 2]:

$$\vec{F} = \iint_S \vec{P}_n dS, \quad \vec{M} = \iint_S (\vec{r} \times \vec{P}_n) dS,$$

де, \vec{P}_n — вектор напруження поверхневих сил на змоченій поверхні корпусу судна, \vec{r} — радіус-вектор поточної точки на поверхні корпусу судна. Однак навіть прийнявши умову потенційності потоку, що обтікає корпус корабля, і знехтувавши впливом в'язкості, отримати чисельні значення сил і моментів, що діють на корпус корабля, з використанням аналітичних рішень (розвинених на їх основі теорій) поставлених задач у разі руху судна схвильованою поверхнею води можна лише істотно спрощуючи геометрію поверхні та за умови регулярності хвильового впливу.

Науково-практичну постановку задачі про опір суден, що рухаються в морських умовах, пов'язують з ім'ям Е. Фруда, який у 1870 р. ввів у гідродинаміку судна названий згодом його ім'ям безрозмірний критерій подібності

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gL}},$$

який пов'язує інерційну силу судна (характерного розміру L), що рухається зі швидкістю U , і силу тяжіння (g — прискорення вільного падіння).

Е. Фруд експериментально на геометрично подібних моделях реальних суден визначив опір суден як на гладкій поверхні води, так і в умовах наявності хвиль, обґрунтував метод перерахунку експериментально отриманої величини опору моделей в опір суден реальних розмірів, що дозволило пов'язати певні значення швидкості з необхідною потужністю двигуна.

Ці результати довели необхідність проведення таких експериментів і потребу у відповідному обладнанні. У 1872 р. за ініціативою Е. Фруда в м. Торквей (Велика Британія) було побудовано перший дослідний басейн. Відтоді всі морські держави мають свої дослідні басейни, і 80 років тому вони об'єдналися в міжнародну асоціацію ІТТС (International Towing Tank Conference). На жаль, Україна, хоча й має такі дослідні басейни (рис. 1) і активно працює в цьому напрямі, досі так і не стала членом цієї авторитетної організації.

Значного підвищення швидкості суден вдалося досягти не лише завдяки використанню гребного гвинта як рушії, поліпшенню обводів корпусу пароплавів, зменшенню їх опору, а й унаслідок істотного зростання потужності двигунів. Так, збільшення швидкості втричі у водотоннажному режимі плавання вимагає підвищення потужності двигуна в 10 разів. Збільшення водотоннажності судна так само потребує підвищення потужності двигуна, але вже пропорційно площі змоченої поверхні корпусу, що забезпечує відповідну водотоннажність. Тому там, де економіка комунікації відіграє ключову роль, гонитва за максимальними значеннями швидкості суден припиняється, і на перший план виходять параметри суден, які забезпечують мінімізацію витрат на одиницю переміщуваного вантажу. У сфері трансатлантичних пасажирських перевезень, де швидкість поряд із комфортом визначала престижність транспортних компаній, гонка за збільшенням швидкості припинилася в 50-х роках минулого століття з появою авіації, зупинившись на рубежі 35 вузлів.

Природа сил опору руху суден різної водотоннажності зрозуміла, концептуально досить добре вивчена і класифікована за числами Фруда з виділенням опору тертя із загального опору (рис. 2). Привертає увагу діапазон чисел Фруда, в якому внесок суми опору тиску і хвильового опору в загальний опір істотно перевищує в'язкий опір, і фактично вид цієї кривої умовно поділяє судна на швидкохідні і нешвидкохідні. На сьогодні за класифікацією Міжнародної морської організації (ІМО) для

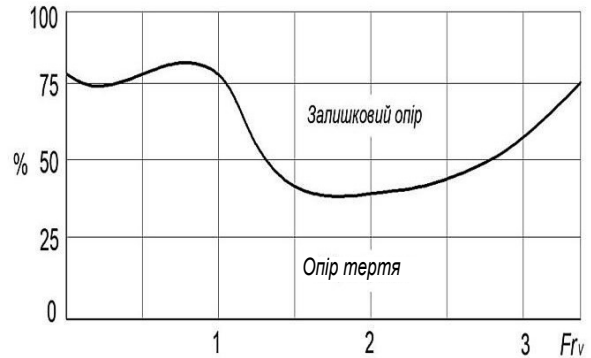


Рис. 2. Частка складових сил опору в загальному опорі

кожної категорії, кожного класу, розміру та призначення суден є свої граничні (порогові) значення швидкості $V_{re} = 3,7V^{1/6}m/s$, які визначаються за водотоннажністю судна (V — об'єм водотоннажності частини корпусу судна, що відповідає числу Фруда 1,18).

У 1978 р. на черговому конгресі ІТТС до категорії швидкохідних суден було віднесено клас однокорпусних суден (число Фруда за водотоннажністю яких перевищує 1,1) з розбиттям його на підкласи: глісуєчі судна, судна на підводних крилах, судна на повітряній подушці, а також клас багатокорпусних суден.

ІМО постійно відстежує світові тенденції розвитку торговельного і промислового судноплавства, економічність перевезень і технічний стан галузі. Аналізуючи цю інформацію, можна дійти висновку, що у світі запиту на підвищення швидкості суден різної водотоннажності зараз немає, не очікують його і в найближчій перспективі, а отже, немає потреби у наукових дослідженнях за цим напрямом. Інша справа — спортивне суднобудування, в якому постійно йде змагання за кожну секунду, і, звичайно, військове кораблебудування, в якому швидкість — один з найважливіших елементів боєздатності корабля.

Отже, актуальність досліджень, спрямованих на збільшення швидкості швидкохідних кораблів зі збереженням параметрів мореплавності, визначається потребами військово-морського суднобудування. Так, у військово-морських доктринах більшості країн військові

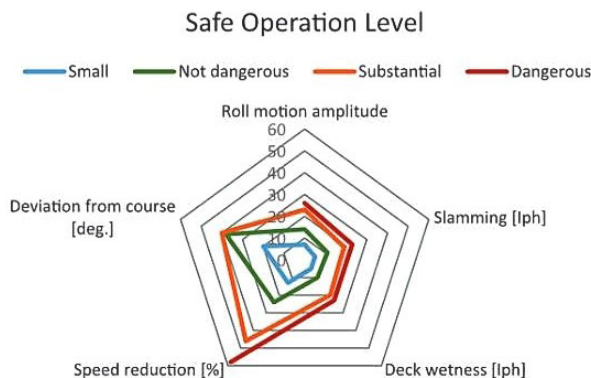


Рис. 3. Діаграма працездатності (ІрН — кількість випадків на годину)

судна, за винятком авіаносних кораблів, за Fr належать до категорії швидкохідних суден.

Як відомо, для зменшення опору та підвищення швидкості потрібно або збільшувати видовження корпусу судна до $B/L = 15-20$ (сучасні показники B/L становлять 6–8 для транспортних суден і 8–11 для бойових кораблів), або реалізовувати ідею багатокорпусності судна (катамаран, тримаран). Для істотного зменшення хвильового опору необхідно або підняти корпус судна над поверхнею води, залишивши рушій під її поверхнею і замінивши виштовхувальну силу води підйомною силою рухомого корпусу судна чи підводного крила, або застосувати комбінований метод, не втрачаючи при цьому інших морехідних якостей судна.

Сукупність вимог до суден (так звана працездатність — operability) в різних країнах може різнитися, але їх головний сенс залишається одним і тим самим — корпус корабля при тестових хвильових навантаженнях має задовольняти всі вимоги до морехідності, наведені на діаграмі (рис. 3).

Судна з динамічним способом підтримки. До цього типу суден належать глісуючі судна, судна на підводних крилах, судна на повітряній подушці і певною мірою екраноплани, які ще донедавна не відносили ані до кораблів, ані до літаків. Екраноплани — найбільш наукомістка категорія суден, оскільки в них поряд з тради-

ційними проблемами суден, що рухаються у водотоннажному режимі, постають проблеми динамічної підтримки корабля над поверхнею води, коли і маса судна, і його швидкість визначають режим руху.

Глісуючі судна. Історично ідею динамічного методу підтримки, тобто виходу судна з водотоннажного режиму руху, вперше було реалізовано в 1908 р. у Франції у вигляді глісуючого однокорпусного судна, а теоретичне обґрунтування динамічних сил, що діють на корпус судна в режимі глісування (R_x — опір і R_y — підтримуюча сила), було опубліковано в 1932 р. [3]. Такий значний часовий інтервал між появою евристичного нововведення (втіленням ідеї) та її науковим обґрунтуванням є досить звичним явищем у кораблебудуванні. Зрозуміло, що значення сили опору, підйомної сили швидкісного напору води та поздовжнього моменту, отримані з розв'язку задачі ковзання (глісування) нескінченної за розмахом пластини по поверхні води [2]

$$R_y = \pi \rho U^2 a_c \alpha \left[1 - \frac{1}{Fr^2} \left(\frac{\pi^2 + 4}{2\pi} \right) \right];$$

$$R_x = R_y \alpha;$$

$$M = \frac{3}{2} \pi \rho U^2 a_c^2 \alpha \left[1 - \frac{1}{Fr^2} \left(\frac{9\pi^2 + 32}{18\pi} \right) \right],$$

де a_c — половина змоченої довжини пластини, α — кут атаки пластини, U — швидкість руху пластини, а також значення числа Фруда, розрахованого за змоченою довжиною пластини, не дають можливості прогнозувати морехідні якості судна, але ними як оцінними параметрами користуються й досі.

Подальші кроки у вдосконаленні форми корпусу глісуючих суден, у яких 90–95 % маси судна компенсується підйомною силою, було спрямовано на підвищення морехідності зі збереженням швидкості руху і маси судна. Пошук оптимальних морехідних форм корпусів глісуючих суден перемістився в дослідні басейни. Згідно з методикою Фруда, частина гідродинамічних сил, зокрема гідродинамічна сила тертя, визначається за значенням опору еквівалентної пластини, а решта гідродинамічних сил, у тому

числі сили хвильової природи й сили тиску, — за результатами модельного експерименту в дослідному басейні, а також за результатами випробувань повномасштабних суден.

За цей період було створено велику кількість різних плоско-кілюватих обводів складної геометрії однокорпусних глісуючих суден (рис. 4), які поєднують високі швидкісні показники з прийнятними морехідними якостями. Пошук золотої середини між ходкістю та морехідністю привів до концепції багатокорпусних суден. Так, корпус «морські сани» можна вважати прообразом катамарану, а корпус «кафедрал» — прообразом тримарану.

Істотного прориву в аналітичному розв'язуванні задачі взаємодії судна, що рухається схвильованою водною поверхнею, не відбулося й досі, але сучасні комп'ютери дозволяють обчислювати велику кількість визначальних гідродинамічних параметрів впливу навантаження, простежувати зміну динамічних характеристик корпусу судна при зміні його обводів, що значно скорочує час проектування.

Такий підхід дав змогу повернутися до вже випробуваних, але свого часу не оцінених обводів. Так, суднобудівна компанія Damen Shipyards, яка, до речі, має дочірнє підприємство в Україні, просуває свій проект глісеру з геометрією AXE Bow (рис. 5). Глісер, побудований за цим проектом, показав суттєве підвищення мореплавності за швидкості 35 вузлів, але на гладкій воді він поступається ходкістю суднам з іншими обводами корпусів [4].

Дослідження останніх років засвідчили, що істотного зниження опору за великих чисел Фруда можна досягти застосуванням комбінованих методів динамічної підтримки.

Судна на підводних крилах. У цього підкласу швидкохідних суден з динамічним способом підтримки (перше побудовано в СРСР у 1957 р.) проблем з визначенням підйомної сили практично немає, оскільки опис руху крила під поверхнею води ґрунтується на класичній теорії крила в суцільному середовищі, яка виникла задовго до початку використання крила в суднобудуванні, але проблемні питання, пов'язані з морехідністю, залишаються та-

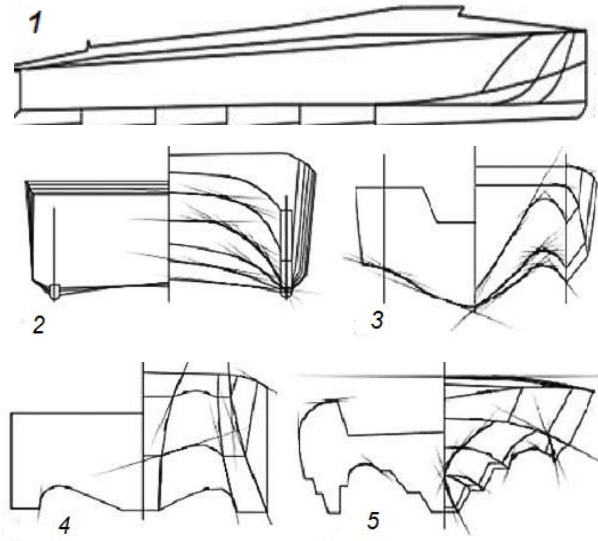


Рис. 4. Різні форми плоско-кілюватих обводів складної геометрії однокорпусних глісуючих суден: 1 — реданний; 2 — морські сани; 3 — кафедрал; 4 — сани Фокса; 5 — блега



Рис. 5. Глісер з обводом AXE Bow

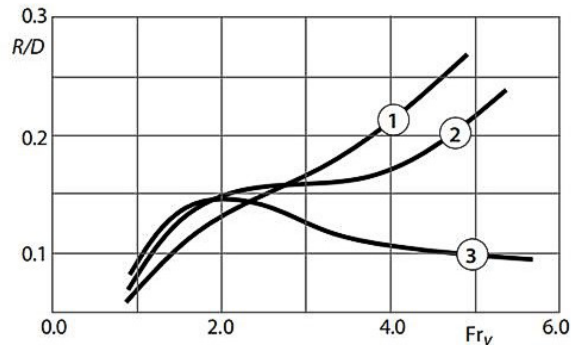


Рис. 6. Коефіцієнт опору глісерів: 1 — моногедрон; 2 — редан; 3 — носовий редан + кормове підводне крило



Рис. 7. Судно на повітряній подушці проекту MVPP10

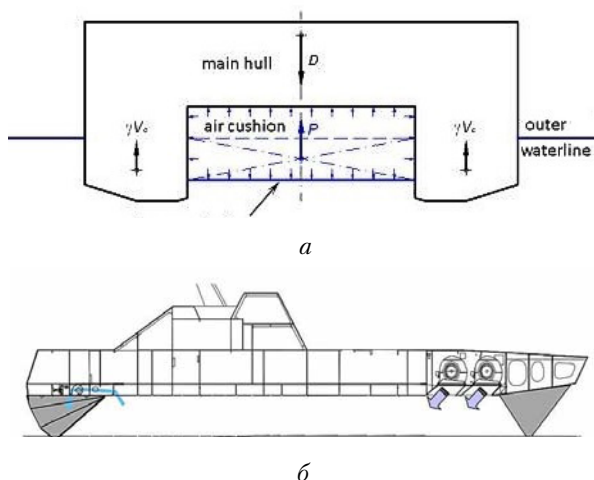


Рис. 8. Характерний вигляд поперечного (а) та поздовжнього (б) перетинів судна типу PACSCAT



Рис. 9. Приклад реалізації проекту PACSCAT – швидкісний десантний корабель типу QinetiQ, Велика Британія, 2012 р.

кими самими, як і у глісуючих суден, хіба що гранична висота хвилі (коли різко падає мореплавність) може бути дещо більшою. З гідроаеродинамікою цього підкласу суден майже все ясно, але їх практичне застосування дуже обмежене через необхідність подолання опору, який істотно підвищується при виході «на крило», що потребує додаткового запасу потужності двигуна. Крім того, з підвищенням морехідності виникають проблеми стійкості під час маневрування. Однак підводне крило стає ефективною складовою комбінованих методів підвищення морехідності та зниження опору за великих чисел Фруда (рис. 6).

Судна на повітряній подушці. Багата історія авторських проектів цього підкласу швидкохідних суден розпочалася у 1959 р., коли британське судно на повітряній подушці перетнуло Ла-Манш. Незважаючи на високу швидкість (100–120 км/год) і малий опір руху, цей тип суден так і не набув значного поширення, оскільки зі збільшенням маси та швидкості судна зростає необхідна потужність турбін, що нагнітають повітря під днище для створення надлишкового тиску. Тому в їх класичному виконанні судна на повітряній подушці з м'якою огорожею зазвичай використовуються транспортними компаніями для перевезення пасажирів між невеликими островами, а також як десантні кораблі вантажністю до 150 т (рис. 7).

У пошуках компромісу між ходкістю та морехідністю динамічний спосіб підтримки суден повітряною подушкою знайшов застосування в комбінованих методах. Наприклад, у проекті PACSCAT (Partial Air Cushion Supported CATamaran) класичну схему повітряної подушки скегового типу було трансформовано: суттєво збільшено ширину бічних корпусів, так що вони набули об'ємів, характерних для водотоннажних суден, а нижню їх частину зроблено плоскою, як у глісуючих суден (рис. 8).

Отже, судно типу PACSCAT є гібридним, у ньому застосовано елементи як водотоннажного судна, так і суден з динамічними способами підтримки (глісуючого та на повітряній подушці). При цьому основним режимом плавання такого судна є водотоннажний режим

з відносно невеликою швидкістю і піднятою огорожею подушки, а за необхідності можливий перехід до швидкісного режиму руху з використанням повітряної подушки. Крім того, регулювання тиску в повітряній подушці дає змогу змінювати в широкому діапазоні осадку судна, що дозволяє ефективно долати мілководдя та мілини. На сьогодні гідродинамічну схему судна типу PACSCAT інтенсивно застосовують при побудові сучасних швидкохідних військово-морських кораблів (рис. 9).

В Інституті гідромеханіки НАН України було проведено модельні випробування гідродинамічної схеми судна типу PACSCAT (рис. 10), за результатами яких у ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування» (м. Миколаїв) розроблено проект малого ракетного катера «Богомол».

Трикорпусні судна (тримарани). Трикорпусна гідродинамічна схема швидкохідних суден також є результатом компромісу між швидкістю і морехідністю і активно розвивається в останні пів століття. На сьогодні найбільш перспективною є трикорпусна гідродинамічна схема, що складається з основного центрального видовженого корпусу (вплив видовження на опір продемонстровано на рис. 11), в якому зосереджено основну частку водотоннажності, та двох невеликих бічних корпусів. Вчені Інституту гідромеханіки НАН України свого часу експериментально обґрунтували форми, розмір і місця розташування бічних корпусів (рис. 12) [5, 6].

Перспективність трикорпусної гідродинамічної схеми швидкісного судна підтверджується порівняльним аналізом працездатності (operability) швидкохідних суден, виконаним для різних гідродинамічних схем. З рис. 13 видно, що трикорпусна гідродинамічна схема судна (тримаран) є найменш залежною від напрямку руху хвилювання і найкращою на зустрічних курсах. Саме тому в багатьох країнах світу сучасні кораблі берегової охорони будують за трикорпусною гідродинамічною схемою (рис. 14).

Судна з малою площею ватерлінії. Практичне втілення гідродинамічної схеми швид-



Рис. 10. Модель судна типу PACSCAT у басейні Інституту гідромеханіки НАН України

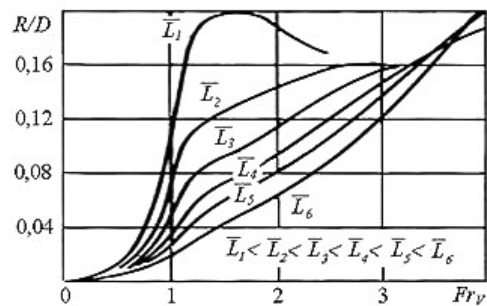


Рис. 11. Залежність коефіцієнта опору від видовження корпусу

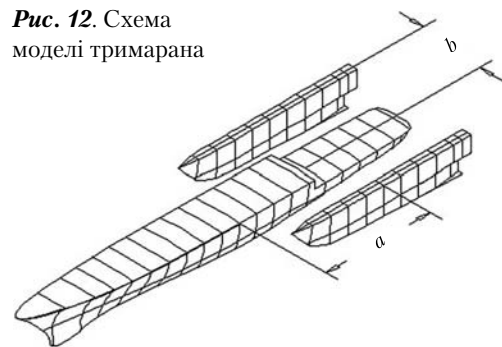


Рис. 12. Схема моделі тримарана

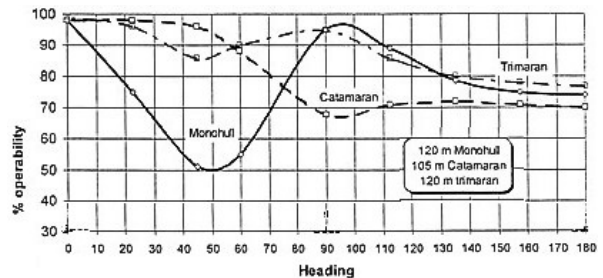


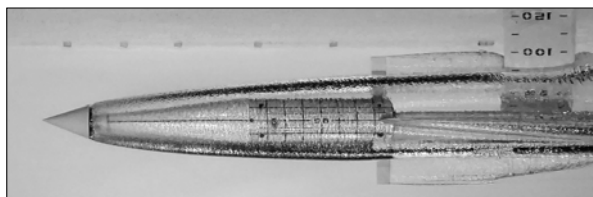
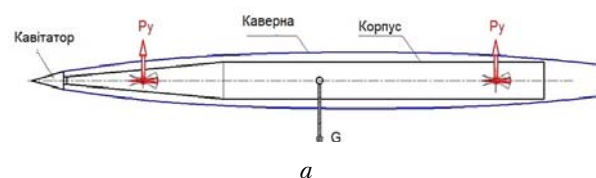
Рис. 13. Працездатність різних гідродинамічних схем швидкохідних суден



Рис. 14. Сучасний американський тримаран «Independence», 2010 р.



Рис. 15. Проект судна з малою площею ватерлінії катамаранного типу з кавітуючою підводною частиною



б

Рис. 16. Схема утворення каверни і засобу підтримання корпусу в каверні (підводне крило) (а) і осесиметричний корпус у штучній каверні (б)

кісних суден з малою площею ватерлінії, що мінімізує хвильовий опір, відбулося в середині минулого століття для малотоннажних суден. У процесі проєктування катамаранів було створено гібридну схему, яка дозволяє зберегти швидкість судна при підвищенні його мореплавності, але основним обмеженням для її широкого використання є відносно велика осадка судна. На сьогодні ця гібридна схема набула розвитку завдяки застосуванню кавітуючого режиму руху, що знижує опір підводної об'ємної частини корпусів (рис. 15). За цим напрямом в Інституті гідромеханіки НАН України є вагомі напрацювання, спрямовані на створення стійкої каверни та вивчення властивостей динамічної підтримки корпусів у каверні (рис. 16) [7–9].

При підвищенні водотоннажності суден з малою площею ватерлінії катамаранного типу з кавітуючою підводною частиною виникають додаткові питання щодо поперечної міцності корпусу, але ці проблеми не є критичними.

Висновки. За останні 50 років не було запропоновано принципово нових гідродинамічних схем корпусів швидкохідних суден, і на сьогодні класифікація ІТТС зберігається. Однак останніми десятиліттями акцент явно зміщується на дослідження малотоннажних швидкохідних суден і побудову безпілотних систем. Запропоновано багато гібридних гідродинамічних схем, деякі з них є більш вдалими, деякі — менш. Так, для малотоннажних глісуючих суден найбільш продуктивними для зниження опору та підвищення мореплавності є динамічні схеми «морські сани» та «сани Фокса». І хоча обмеження щодо їхньої морехідності залишаються досить жорсткими, для безпілотних суден вони є цілком прийнятними. Для кораблів військово-морського флоту водотоннажністю до 1500 т (кораблі берегової охорони) найбільш перспективною вважається гідродинамічна схема «тримаран». Проте невирішених проблем з нею ще багато, і перший корабель цієї серії залишається поки експериментальним зразком. Для транспортного флоту середньої водотоннажності обґрунтовано проєктування суден з використанням гі-

бридної гідродинамічної схеми «катамаран» з елементами динамічного розвантаження.

На сьогодні методика вибору оптимальних корпусів суден з динамічними засобами підтримки і багатокорпусних суден різного типу та призначення потребує подальшого вдосконалення. Широке застосування спеціалізованих

комп'ютерних підходів для визначення параметрів суден значно прискорює процес проектування, однак потрібен подальший розвиток аналітичного й комп'ютерного моделювання для адекватної оцінки бризкового опору та впливу вихроутворення в гідродинамічних схемах суден з динамічним способом підтримки.

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Faltinsen O.M. *Hydrodynamics of High-Speed Vehicles*. Cambridge University Press, 2005. <https://doi.org/10.1017/SVO9780511546068>
2. Newman J.N. *Marine Hydrodynamics*. MIT Press, 1977.
3. Wagner H. Uber Stoss- und Gleitvorgange an der Oberflache von Flussigkeiten. *ZAMM*. 1932. **12**(4): 193–213. <https://doi.org/10.1002/zamm.19320120402>
4. Keuning J.A., van Walree F. The comparison of the hydrodynamic behaviour of three fast patrol boats with special hull geometries. In: *HIPER 06: 5th International Conference on High-performance Marine Vehicles*. Australian Maritime College, 2006. P. 137–152.
5. Babenko V.V., Kuznetsov A.I., Kuznetsov A.I., Moroz V.V. Technique of realization of towing-basin tests in a ship-research station with the help of two models of planing boat. *Applied Hydromechanics*. 2003. **5**(4): 5–11. [Бабенко В.В., Кузнецов Ал.И., Кузнецов Ан.И., Мороз В.В. Методика проведення буксировочних испытаний в опытовом бассейне при помощи двух моделей глиссирующего судна. *Прикладна гідромеханіка*. 2003. Т. 5, № 4. С. 5–11.]
6. Moroz V.V. Experimental study of water resistance to the movement of a three-hull vessel. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho universytetu korablebuduvannya*. 2004. (2): 11–16. [Мороз В.В. Экспериментальное исследование сопротивления воды движению трехкорпусного судна. *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування*. 2004. Вип. 2. С. 11–16.]
7. Kochin V., Moroz V., Serebryakov V., Nechitailo N. Hydrodynamics of Supercavitating Bodies at an Angle of Attacks under Conditions of Considerable Effect of Fluid Weightiness and Closeness of Free Border. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 2015. **5**: 255–265. <https://doi.org/10.17265/2159-5879/2015.05.004>
8. Serebryakov V., Moroz V., Kochin V., Dzielski J. Experimental Study on Planing Motion of a Cylinder at Angle of Attack in the Cavity Formed behind an Axisymmetric Cavitator. *Journal of Ship Research*. 2020. **64**(2): 139–153. <https://doi.org/10.5957/JOSR.09180077>
9. Semenenko V., Moroz V., Kochin V., Naumova O. Dynamics of supercavitating vehicles with cone cavitators. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2022. **6**(1): 85–96. <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2022.6.1.252889>

Gennadii O. Voropaiev

Institute of Hydromechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5615-6344>

DYNAMICS OF HIGH-SPEED SHIPS: WORLD TRENDS AND PROSPECTS

According to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, April 19, 2023

The report analyzes the modern perception of the hydrodynamic problems of high-speed ships and methods of solving them with the complex application of dynamic principles of support and multihull design of boats. The Institute of Hydromechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine presents the results of research, which are the basis for solving fundamental and applied problems of the hydrodynamic resistance of ships at high Froude and Reynolds numbers based on the further development of theory, methods of experimental research and the creation of effective techniques for calculating hydro-aerodynamic characteristics of high-speed vessels under conditions of natural wave influence.

Cite this article: Voropaiev G.O. Dynamics of high-speed ships: world trends and prospects. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2023. (7): 37–45. <https://doi.org/10.15407/visn2023.07.037>