

УДК 629.5

DOI 10.47049/2226-1893-2023-1-66-79

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ДОСЛІДНОГО БАСЕЙНУ ОНМУ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ ШВИДКІСНИХ СУДЕН**

О.В. Демідюк

к.т.н., завідувачий кафедрою
«Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова»
ORCID: 0009-0002-1450-4077
e-mail: alexanderdemidiuk@gmail.com

А.Ю. Засць

к.т.н., доцент кафедри
«Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова»
ORCID: 0000-0002-5803-9069
e-mail: au.lopatnyova@gmail.ua

Н.Н. Котовська

ст. викладач кафедри
«Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова»
ORCID: 0000-0003-2865-9432
e-mail: natalikotovs@gmail.com

А.Ф. Онищенко

ст. викладач
кафедри «Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова»
ORCID: 0009-0004-6305-5401
e-mail: tolianaf@te.net.ua

М.В. Войнович

ст. викладач кафедри
«Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова»
ORCID: 0000-0003-3372-2467
e-mail: ridermarina@ukr.net

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

Анотація. Розглянута задача модернізації існуючого та створення додаткового обладнання дослідного басейну гравітаційного типу (системи Велекампа) для можливості проведення буксирувальних випробувань швидкісних суден, рух яких характеризується динамічною зміною посадки.

Запропоновано нову конструкцію підвісу моделі та оптичну систему визначення динамічного диференту.

© Демідюк О.В., Засць А.Ю., Котовська Н.Н., Онищенко А.Ф., Войнович М.В., 2023

Наведені результати буксирувальних випробувань швидкісного катера з новим обладнанням для реєстрації посадки. Зроблені висновки та рекомендації щодо проведення буксирувальних випробувань швидкісних суден в басейні гравітаційного типу.

Ключові слова: дослідний басейн, експериментальні дослідження, ходові якості, буксирувальні випробування, швидкісні судна, модернізація дослідного басейну, ходовий диферент, динамічне підсплиття.

UDC 629.5

DOI 10.47049/2226-1893-2023-1-66-79

MODERNIZATION OF THE ONMU TOWING TANK FOR STUDYING THE RUNNING PERFORMANCE OF HIGH-SPEED VESSELS

O. Demidiuk

p.h.d., associate professor, head of a department
«Ship theory and design department named after prof. Y.L. Vorobyov»
ORCID: 0009-0002-1450-4077
e-mail: alexanderdemidiuk@gmail.com

A. Zaiets

p.h.d., associate professor
«Ship theory and design department named after prof. Y.L. Vorobyov»
ORCID: 0000-0002-5803-9069
e-mail: au.lopatnyova@gmail.ua

N. Kotovska

senior lecturer
«Ship theory and design department named after prof. Y.L. Vorobyov»
ORCID: 0000-0003-2865-9432
e-mail: natalikotovs@gmail.com

A. Onischenko

senior lecturer
«Ship theory and design department named after prof. Y.L. Vorobyov»
ORCID: 0009-0004-6305-5401
e-mail: tolianaf@te.net.ua

M. Voinovitch

senior lecturer
«Ship theory and design department named after prof. Y.L. Vorobyov»
ORCID: 0000-0003-3372-2467
e-mail: ridermarina@ukr.net

Odessa national maritime university, Odessa, Ukraine

Abstract. *The problem of modernization of existing and creation of additional equipment of experimental towing tank (system of Velekamp) for possibility of carrying out of towing tests of models of high-speed vessels, accompanied by dynamic change of trim is considered.*

A new model suspension design is proposed which eliminates interaction with spray jets and does not prevent free dynamic trim changes. Optical system for fixation of dynamic trim is developed.

Results of towing tests of high-speed boat with new equipment for trim registration are presented. Conclusions and recommendations are made on carrying out of towing tests of high-speed boats in a gravity type towing tank.

Keywords: *towing tank, experimental investigations, running performance, towing tests, high-speed vessels, modernization of the towing tank, dynamic trim, dynamic surfacing.*

Вступ. Очевидною є потреба поповнення прибережного флоту України швидкісними суднами різного призначення: патрульними катерами для охорони економічної зони; швидкісними рятувальними суднами для забезпечення пошуку потерпілих та проведення рятувальних операцій в зоні відповідальності держави Україна; лоцманськими катерами для забезпечення руху суден підхідними каналами та складними фарватерами, малими пасажирськими суднами для освоєння малого та середнього пасажиропотоку. Існує, також, певний попит на приватні моторні яхти і катери підвищеної комфортності – від легких відкритих до люксо-соих каютних. Більшість вказаних вище плавзасобів об'єднує форма корпусу (зазвичай V-образні обводи з подовжними реданами) та режим руху, який характеризується динамічною підтримкою: перехідний і/або глісування.

Тому експериментальне визначення характеристик руху швидкісних суден з динамічною підтримкою є **актуальною задачею** та запорукою якісного забезпечення процесу проектування та прийняття обґрунтованих проектних рішень.

Метою цієї роботи є опис процесу модернізації дослідного басейну ОНМУ для проведення експериментальних випробувань швидкісних суден шляхом створення нового та модернізації існуючого обладнання, та експериментальна перевірка застосованих технічних рішень.

Викладення основного матеріалу. Параметр, який характеризує ступінь розвитку гідродинамічних сил та процес переходу судна з режиму плавання до режиму глісування є відносна швидкість, так зване число Фруда з водомісткості

$$Fr_v = \frac{v}{\sqrt{g^3 \frac{\Delta}{\gamma}}},$$

де v – швидкість судна, м/с;

Δ – водотоннажність судна, т;

γ – питома вага морської води т/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Якщо числа Fr_{∇} знаходяться у діапазоні від 1,0 до 3,0, гідродинамічний тиск суттєво впливає на поведінку судна, що рухається. Такий режим руху називають перехідним від плавання до глісування. При числах $Fr_{\nabla} \geq 3,0$ судно на 95-97 відсотків підтримується за рахунок гідродинамічних сил. Це значення Fr_{∇} прийнято вважати граничним від перехідного режиму до глісування. Границя ця доволі умовна, так як такий перехід у значній мірі залежить від форми несучої поверхні, яка взаємодіє з рідиною [1; 2; 3].

Для швидкісних і високошвидкісних суден існують окремі рекомендовані процедури визначення буксирувального опору [4]. Підходи ІТТС до методології проведення буксирувальних випробувань швидкісних і високошвидкісних суден ґрунтуються на моделюванні по числу Фруда і точному визначенні змоченої поверхні моделі судна в різних режимах його руху. Основним методом визначення змоченої поверхні швидкісного судна нині є візуальний спосіб (фото- і відео-фіксація). Останнім часом отримали поширення методи, що поєднують візуальну фіксацію змоченої поверхні з аналітичним перерахунком площі з використанням кривих і поверхонь Безье [5].

Дослідний басейн Одеського Національного морського університету (ОНМУ) є старішим в Україні. Проект басейну створений за участю відомого німецького вченого в галузі гідродинаміки Г. Шліхтінга. Басейн введений в дію в 1932 році та відноситься до лабораторій гравітаційного типу (системи Веленкампа), в яких рух моделі відбувається під дією сили ваги вантажу, що падає в спеціальну шахту. Басейн обладнаний хвилепродуктором пластинчатого типу з приводом від електродвигуна змінного струму з частотним управлінням, а також оснащений системою хвилегасіння.

Гідроканал і усі обслуговуючі приміщення розташовані в підвальному приміщенні старого корпусу університету. Загальна площа приміщень складає близько 700 м². Гідроканал виконаний у вигляді залізобетонної конструкції, поперечний переріз якої має параболічну форму. Головні характеристики басейну: повна довжина, включаючи доки – 35,5 м; ширина – 6,0 м; найбільша глибина води – 2,2 м. Місткість басейну – 400 м³.

Обладнання басейну дозволяє ефективно проводити дослідження динаміки судна на регулярному хвилюванні із заданими характеристиками в широкому діапазоні частот хвиль як на глибокій воді, так і на мілководді.

Схема буксирувального пристрою дослідного басейну ОНМУ приведена на рисунку 1.

Буксирувальний закріплений трос (1) проходить через більший шків провідного блоку (2), шків пристрою реєстрації швидкості (3), відвідний шків (4) і через розташований на протилежному кінці басейну натяжний шків (5). Модель за допомогою спеціальної підвіски, приєднується до нижньої частини буксирувального троса.

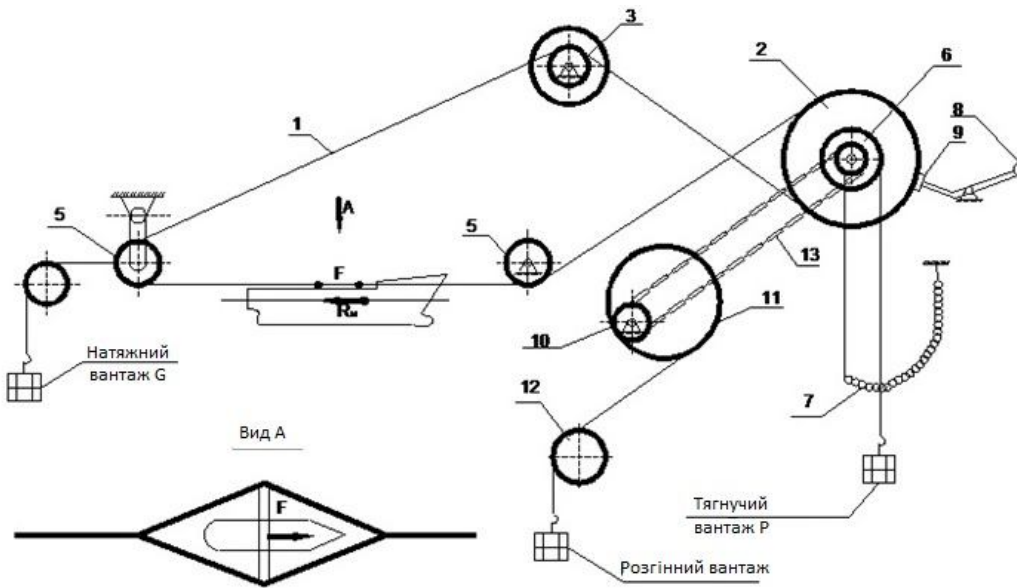


Рис. 1. Схема буксирувального пристрою дослідного басейну ОНМУ

При буксирувальних випробуваннях домагаються рівномірного руху моделі у басейні: тільки за цієї умови виключається вплив сил інерції, і величина опору води визначається вагою буксирувального вантажу. Оскільки модель починає рух із стану спокою, то, якщо, не прийняти спеціальних заходів, досягнення постійної швидкості її руху при обмеженій довжині басейну практично неможливе. Для скорочення ділянки розгону моделі від стану спокою до руху з деякою постійною швидкістю застосовується розгінний пристрій. Схема його показана на рис. 2. Вал провідного блоку (2) за допомогою ланцюгової передачі (13) пов'язаний з валом розгінного пристрою (10). На цьому валу ексцентрично насаджений шків (11), до якого приєднаний трос, що проходить через відвідний шків (12), з розгінним вантажем.

За один оборот ексцентричного шківів момент розгінного вантажу за рахунок зміни плеча спочатку наростає до деякого максимального значення, а потім убуває до мінімуму. Цим досягається плавне включення розгінного зусилля на початку і плавне його відключення у кінці розгінної ділянки пробігу моделі. Після повного оберту шківів (11) розгінний пристрій автоматично відключається від валу провідного блоку. Подальший рух моделі відбувається під дією тільки одного тягнучого вантажу P . Величина розгінного вантажу вибирається відповідно до ваги моделі і швидкості на робочій ділянці пробігу моделі. Основний критерій оцінки успішності експерименту – постійність швидкості руху моделі на робочій ділянці.

Вимірювальна система дослідного басейну ОНМУ, її апаратна та програмна частини детально описані в роботі [6].

Наявність тросової системи та постійний вплив тертя в шківах передбачає постійний контроль тертя системи [7], яке зазвичай компенсується вагою спеціального підвісу для розміщення тягучих вантажів. Підвищення швидкостей руху моделей призводить до збільшення розмірів як буксирувального і розгінного вантажів, так і тросу розгінного вантажу, що робить контроль тертя ще більш актуальним.

Значним недоліком дослідного басейну ОНМУ була обмежена можливість вивчення ходових якостей швидкісних суден при використанні стандартних засобів проведення досліджень. Тросова буксирувальна система дослідного басейну дозволяє досягати значних швидкостей руху моделі на мірній ділянці майже до 10 м/с. Для досягнення таких швидкостей окрім збільшення ваги тягучих та розгінних вантажів треба збільшити розмір троса розгінного вантажу. Такі дії потребують додаткових заходів безпеки від операторів випробувань, що включають вчасне та плавне ручне гальмування тросової системи для запобігання проковзування тросу по шківах і пошкодження моделі при високій швидкості руху і обмеженій довжині ділянки гальмування. Для вирішення другої проблеми в басейні на половині кінцевого дока зазвичай ставлять страхувальну сітку, яка ловить вчасно незагальмовану модель.

Але головні проблеми в процесі випробувань швидкісних та високошвидкісних суден криються в їх характері руху, який відбувається із зміною ходового диференту і посадки. Для випробувань моделей суден, що рухаються в водотоннажному режимі, в дослідному басейні ОНМУ багато років вико-ристовується класичне для басейнів гравітаційного типу запрягання моделі «ромбом» (див. вид А рисунка 1.). Така схема за рахунок жорсткого закріплення до тросової системи хоча і не перешкоджає зміні диференту, впливає на процес підспливання (під дією зростаючих гідродинамічних сил). Крім того, в дослідному басейні відсутні апаратні можливості реєстрування параметрів посадки судна.

У разі проведення модельних випробувань швидкісних і високошвидкісних суден класичне запрягання моделі не забезпечує коректної роботи буксирувальної системи. Розташована безпосередньо на корпусі моделі переклада в цьому випадку створює додатковий опір від взаємодії із струменями бризок моделі, що у ряді випадків призводить до часткового заповнення моделі водою.

Спеціально для проведення модельних випробувань швидкісних і високошвидкісних суден у басейні гравітаційного типу була розроблена підвіска для кріплення моделей швидкісних суден. Вона конструктивно забезпечує можливість переміщення моделі по вертикалі в запряганні і не перешкоджає вільному удиферентуванню моделі. Завдяки такому впровадженню виключається можливість взаємодії підвіски з бризковим струменем. Загальний вигляд моделі з розробленою підвіскою приведений на рисунку 2.

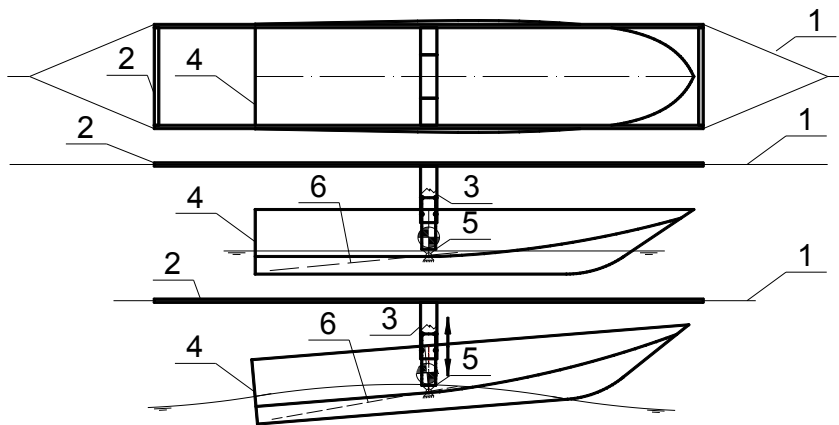


Рис. 2. Схема запрягання моделі з підвіскою для швидкісних випробувань

При цьому трос буксирувальної системи (1) сполучений із спеціальним підвісом (2), виконаним з легких, але міцних алюмінієвих профілів. Підвіс (2) за допомогою жорстко сполученого з ним стакану (3) кріпиться до моделі (4) за допомогою рухливого шарніру (5).

Шарнір має можливість переміщатися в стакані (3) на величину близько 100 мм. Така конструкція підвіски виключає її взаємодію із струменями бризок швидкісного судна, не перешкоджає вільному динамічному диферентуванню і переміщенню моделі у вертикальній площині. Кріплення шарніра (5) до моделі виконується в місці перетину лінії валу (6) і вертикальної осі моделі, що проходить через центр тяжіння.

Вид моделі в запряжці з даною підвіскою наведений на рисунку 3.

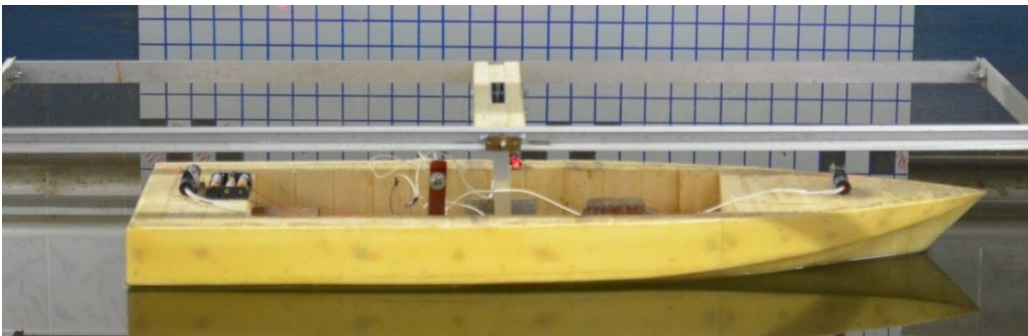


Рис. 3. Модель у запряжці з підвіскою для швидкісних

Відповідно до вимог ІТТС [4] при іспитах швидкісних і високошвидкісних суден повинні виконуватися відомі критерії подоби – числа Фруда і Рейнольдса

(у режимі автотельності). Однак, унаслідок значної зміни диференту і посадки швидкісного судна, повинна бути передбачена процедура як можна більш точного визначення площі змоченої поверхні судна.

Для проведення іспитів швидкісних суден у дослідному басейні ОНМУ розроблена методика визначення динамічної змоченої поверхні судна. Спосіб визначення змоченої поверхні судна базується на оптичній фіксації положення заданих точок корпусу судна в процесі проведення експерименту і подальшого перерахування площі змоченої поверхні з використанням 3D-моделі і САПР-системи.

Оптична фіксація положення в просторі обраних точок корпусу моделі реалізується за допомогою лазерних маркерів. Схема установки лазерних маркерів на корпусі моделі приведена на рисунку 4. Схема установки для визначення ходового диференту і підспливання моделі судна представлена на рисунку 5.

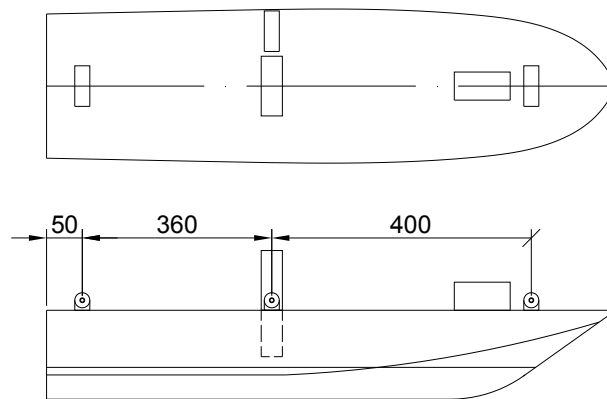


Рис. 4. Схема установки лазерних маркерів на корпусі моделі

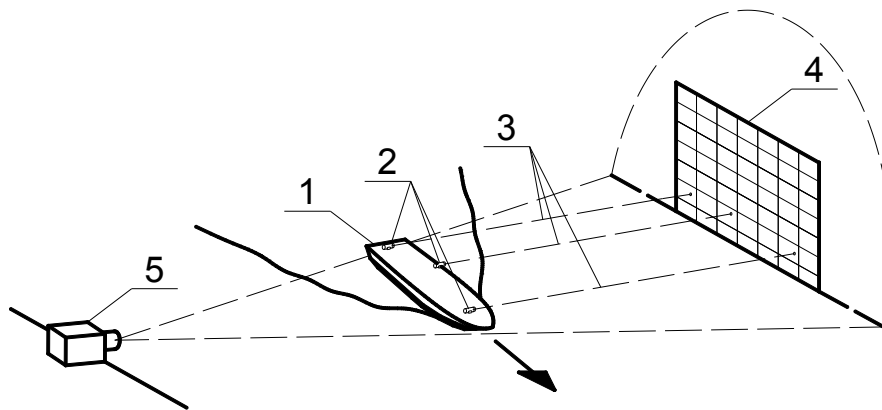


Рис. 5. Схема установки для визначення ходового диференту і підспливання моделі швидкісного судна

Лазерні маркери (2) установлені на рівні верхньої палуби в кормовій, носовій частинах моделі (1) і в районі її центра ваги. Промені маркерів (3) проєктуються на спеціальний екран (4) з розміткою, що утворює клітки 50×50 мм. Екран закріплений на стінці басейну в районі ділянки, де виконувався вимір швидкості руху моделі. Фіксація положення маркерів виконується в процесі прогону моделі за допомогою відеозаписуючого пристрою (5), закріпленого на протилежній екрану стінці басейну. При виконанні прогону відеокамера фіксує переміщення міток маркерів по екрану, що дозволяє потім визначити величину підспливання моделі по переміщенню мітки середнього маркера і ходовий диферент по різниці показань носового і кормового маркерів.

Визначення ходового диференту і величини підспливання моделі судна виконувалося тільки при русі моделі на тихій воді.

Відеозаписуючий пристрій (цифровий фотоапарат Nikon D5100) жорстко встановлений на штативі, веде запис з роздільною здатністю 1920×1080, що дозволяє аналізувати графічну інформацію з точністю ± 2 мм. Фрагмент відеофайлу, який демонструє роботу системи реєстрації диференту і величини підспливання, показаний на рисунку 6.

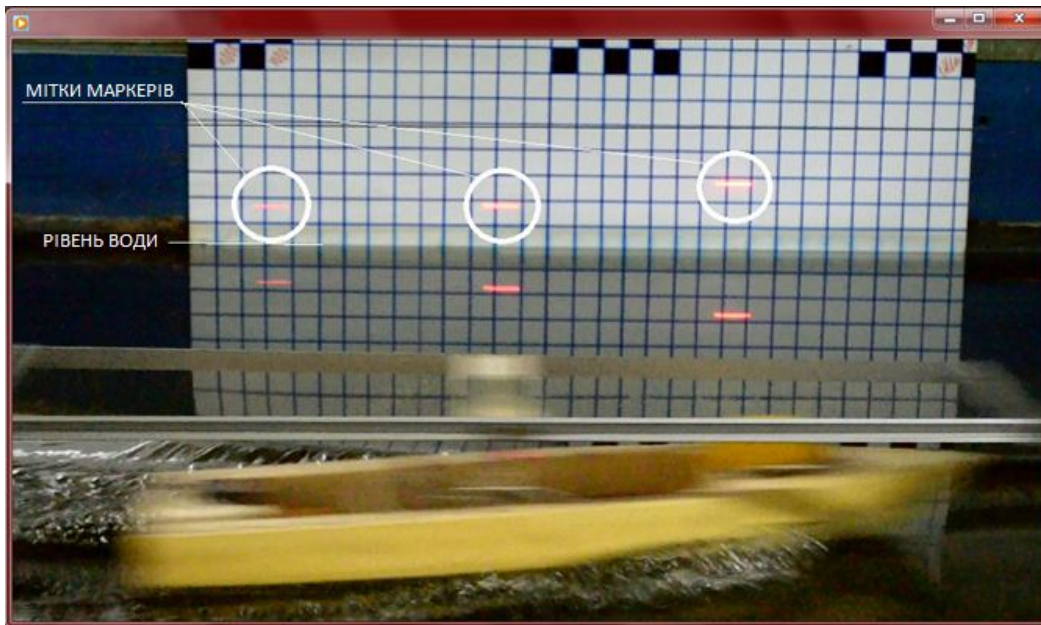


Рис. 6. Робота системи реєстрації диференту і величини підспливання

Перевірка ефективності розробленої підвіски моделей швидкісних суден була виконана на моделі швидкісного катера. Проект катера виконаний ЗАТ «SIGO MARINE», м. Одеса. На базі даного корпусу, що далі будемо іменувати МК-1, може бути спроектована моторна яхта, патрульний катер, лоцманське судно. Основні характеристики моделі катера МК-1 наведені у таблиці 1.

Модель катера МК-1 виготовлена в масштабі 1:20 з пінопласту і покрита сплавом воску з парафіном. Форма корпусу судна приведена на рисунку 7.

Загальний вид моделі приведений на рисунку 8. Кормовий край і днище моделі, носовий край моделі без надбудов представлені на рисунку 9.

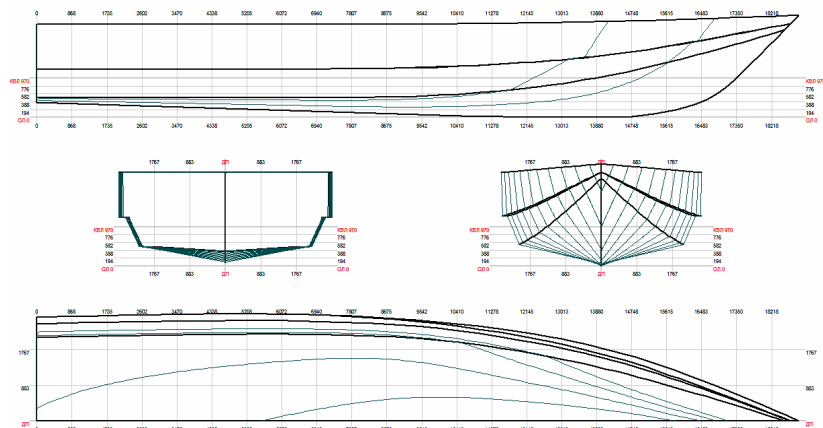
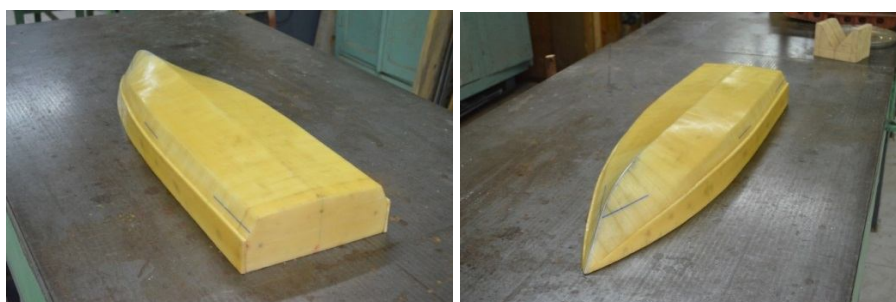


Рис. 7. Теоретичне креслення катеру



Рис. 8. Загальний вид моделі катеру МК-1



а) б)
Рис. 9. Вид на днище моделі катеру МК-1:
а) кормовий край; б) носовий край

Для кріплення даної моделі до буксирувальної системи використовувався спеціально розроблений підвіс.

Динамічне тарування виконане методом вільних коливань моделі в повітрі.

Для тестування розробленого обладнання в дослідному басейні ОНМУ були проведені спеціальні експериментальні дослідження ходових характеристик швидкісного судна при його русі на тихій воді.

Модель буксирувалася зі швидкостями, що відповідають числам Фруда по водотоннажності від $Fr_{\nabla} = 0,91$ до $Fr_{\nabla} = 3,67$, де $Fr_{\nabla} = \frac{v}{\sqrt{g\sqrt[3]{\nabla}}}$,

де v – швидкість руху моделі, м/с;

∇ – об'ємна водотоннажність моделі, м³. Результати буксирувальних іспитів, виконаних на тихій воді, представлені на рисунках 10-12.

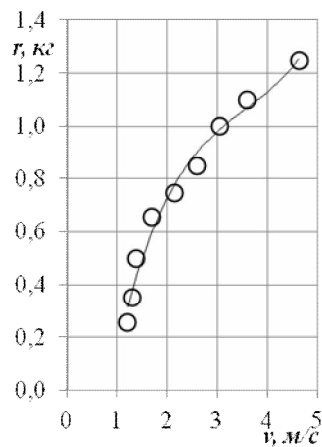
Буксирувальний опір моделі представлений в залежності від швидкості руху на рисунку 10.

Залежність кута ходового диференту моделі τ від числа Фруда по водотоннажності Fr_{∇} демонструє рисунок 11. Зміну динамічного підсплиття моделі показано на рисунку 12 у залежності параметра A від числа Фруда по водотоннажності:

$$A = \frac{\Delta z_g}{\sqrt[3]{\nabla}},$$

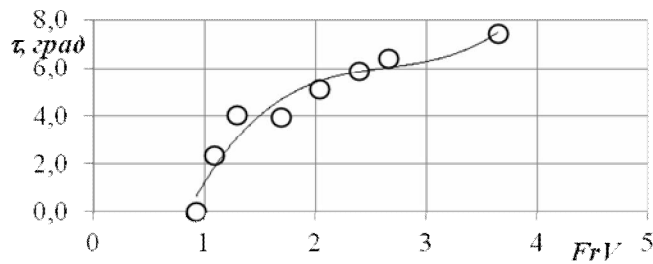
де Δz_g – вертикальні переміщення центра ваги моделі при пробігу, м;

∇ – об'ємна водотоннажність моделі, м³.

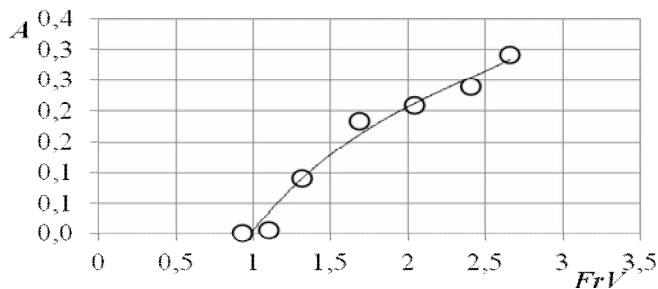


○ – експеримент; — — — — — апроксимація поліномом 3-го ступеня

Рис. 10. Буксирувальний опір моделі МК-1 на тихій воді



○ – експеримент; ——— – апроксимація поліномом 3-го ступеня
Рис. 11. Ходовий диферент моделі МК-1 на тихій воді



○ – експеримент; ——— – апроксимація поліномом 3-го ступеня
Рис. 12. Динамічне підспливання моделі МК-1 на тихій воді

Випробування показали, що в режимі чисел Фруда 1,2-2,0 кут ходового диференту приймає значення від 4 до 5 градусів, які близькі до оптимальних. Із зростанням швидкості руху кут ходового диференту збільшується, що показує необхідність точного центрування моделі та застосування пристроїв, які регулюють значення ходового диференту: транцевих плит, інтерцепторів, тощо.

У процесі експерименту не вдалося досягти швидкості руху, що відповідає втраті стійкості (критичної швидкості) через обмеження буксирувальної системи: зі збільшенням швидкості зменшується мірна ділянка і росте довжина ділянки гальмування. Спроби обмежити ділянку гальмування приводили до серйозних перевантажень буксирувальної системи й обривам буксирного троса. Крім того, на швидкостях руху понад $Fr_V = 3,2$ у ряді випадків спостерігалася інтенсивна взаємодія підвісу буксирувальної системи і бризкової струї моделі (у випадку несприятливого ходового диферента).

Висновки. Спеціально для проведення експериментів створено нове та модернізовано існуюче обладнання дослідного басейну ОНМУ, що дозволяє проводити дослідження швидкісних та високошвидкісних суден, це суттєво розширило можливості експериментальної бази.

Розроблена методика визначення динамічної змоченої поверхні моделі судна.

Проведені тестові експериментальні випробування для верифікації застосованих технічних рішень, які показали позитивні результати.

Отриманий практичний досвід проведення експериментальних досліджень швидкісних суден при русі в режимі чистого глісування, який зафіксований в практичних рекомендаціях щодо проведення випробувань.

Встановлено, що контроль тертя в шківах тросової системи має суттєвий вплив на результати експериментів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Павленко Г.Е. *Сопротивление воды движению судна* – М.: Морской транспорт, 1956. – 508 с.
2. Седов Л.И. *Теория нестационарного глissирования и движения крыла со сбегаяющими вихрями* // Труды ЦАГИ, 1936. – Вып. 252. – С. 1-39.
3. Егоров И.Т., Соколов В.Т. *Гидродинамика быстроходных судов*. – Л.: Судостроение, 1965. – 381 с.
4. ITTC, *ITTC Recommended Procedures and Guideline, Procedure 7.5-02-02-01, Revision 01, 2002*. <http://ittc.sname.org/documents.htm>.
5. JOSE MARIA PEREZ-MACIAS MARTIN. *Estimating wetted area of a model-hull from a set of camera images, using NURBS curves and surfaces*. M. Sc. Thesis EX051/2009 Department of Signals and Systems. Division of Biomedical Engineering. Image Analysis Group. CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden 2009.
6. Демидюк А.В. *Модернизация системы измерений опытового бассейна ОНМУ* // Вісник ОНМУ. – Вип. 34. – Одеса: ОНМУ, 2012. – С. 67-76.
7. Demidiuk A.V., Kosoy M.B. *Evaluation method of friction of gravitational type towing tank towing system* // Вісник ОНМУ. – Вип. 45. – Одеса: ОНМУ, 2015. – С. 117-129.
8. Егоров И.Т., Буньков М.М., Садовников Ю.М. *Ходкость и мореходность глissирующих судов: Учебник*. – Л.: Судостроение, 1978. – 336 с.
9. Буньков М.М. *Влияние основных параметров корпуса на продольную устойчивость движения глissирующих катеров* // Материалы по обмену опытом. – Л., 1969. Вып. 124.
10. Blount, D.L., Clement, E.P. *Resistance tests of a systematic series of planning hull forms* // SNAME 71. – 1963. – P.491-579.

REFERENCES

1. Pavlenko G.E. (1956) *Soprotivlenie vody dvizheniyu sudna* [Resistance of the water to the movement of the ship]. Moscow: Marine Transport (in Russian).
2. Sedov L.I. (1936) *Teorija nestacionarnogo glissirovaniya i dvizheniya kryla so sbegajushhimi vihrjami* [Theory of unsteady gliding and wing motion with runaway vortices]. *Trudy CAGI* [Proceedings of the Central Aerohydrodynamic Institute], 252, 1-39 (in Russian).

3. Egorov I.T., Sokolov V.T. (1965). *Gidrodinamika bystrohodnyh sudov [Hydrodynamics of high-speed ships]*. Leningrad: Shipbuilding (in Russian).
4. ITTC, *ITTC Recommended Procedures and Guideline, Procedure 7.5-02-02-01, Revision 01, 2002*. <http://ittc.sname.org/documents.htm>.
5. JOSE MARIA PEREZ-MACIAS MARTIN. *Estimating wetted area of a model-hull from a set of camera images, using NURBS curves and surfaces*. M. Sc. Thesis EX051/ 2009 Department of Signals and Systems. Division of Biomedical Engineering. Image Analysis Group. CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden 2009.
6. Demidjuk A.V. (2012). *Modernizacija sistemy izmerenij opytovogo bassejna ONMU [Upgrading the measurement system of the Odessa National Maritime University towing tank]* *Visnik ONMU [Reporter of Odessa National Maritime University]*, 34, 67-76 (in Russian).
7. Demidiuk A.V., Kosoy M.B. (2015). *Evaluation method of friction of gravitational type towing tank towing system*. *Visnik ONMU [Reporter of Odessa National Maritime University]*, 45, 117-129 (in English).
8. Egorov, I.T., Bun'kov M.M., Sadovnikov Ju.M. (1978) *Hodkost' i morehodnost' glissirujushhih sudov [Sailability and seaworthiness of planing vessels]*. Leningrad: Shipbuilding (in Russian).
9. Bun'kov M.M. (1969) *Vlijanie osnovnyh parametrov korpusa na prodol'nuju ustojchivost' dvizhenija glissirujushhih katerov [Influence of basic hull parameters on the longitudinal stability of gliding boats]*. *Materialy po obmenu opytom [Materials for sharing experiences]*. Leningrad: Vol. 124 (in Russian).
10. Blount, D.L., Clement, E.P. *Resistance tests of a systematic series of planning hull forms // SNAME 71. – 1963. – P. 491-579.*

Стаття надійшла до редакції 10.03.2023

Посилання на статтю: Демідюк О.В., Заєць А.Ю., Котовська Н.Н., Онисченко А.Ф., Войнович М.В. Модернізація дослідного басейну ОНМУ для дослідження ходових якостей швидкісних суден // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2023. № 1 (68). С. 66-79. DOI 10.47049/ 2226-1893-2023-1- 66-79.

Article received 10.03.2023

Reference a JournalArtic: Demidiuk O., Zaiets A., Kotovska N., Onischenko A., Voinovitch M. Modernization of the ONMU towing tank for studying the running performance of high-speed vessels // Herald of the Odessa national maritime university. Coll. scient. works, 2023. № 1 (68). 66-79. DOI 10.47049/ 2226-1893-2023-1-66-79.