

УДК 532.583.4 + 532.681.3 + 629.5.015.2 + 629.5.061.11

## ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ КОРПУС-РУЛІ ДЛЯ СУДНА З X-BOW НОСОВИМИ ОБВОДАМИ

**Король Ю.М.** – кандидат технічних наук, доцент, професор НУК, керівник ННЦГ, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна, yuriy.korol@nuos.edu.ua

**Романенко Д.В.** – магістрант КННІ, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна, akkaunt0512@gmail.com

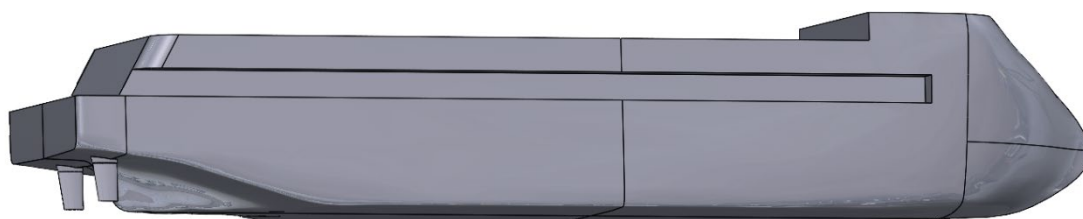
**Анотація:** Побудовано 3D моделі корпусу і рулів натурального судна з носовими X-bow обводами. Розроблено проекти і виконано серію розрахунків гідродинамічних сил та моментів на корпусі і рулях в CFD модулі Flow Simulation системи SOLIDWORKS. Визначення параметрів CFD моделювання та верифікація здійснювалася шляхом аналізу отриманих варіантів розрахункових результатів і їх порівнянням з результатами розрахунку опору по наближеним інженерним методикам.

**Ключові слова:** тривимірна модель судна з носовими X-bow обводами, розрахунок гідродинамічних сил і моментів на корпусі судна і рулях, визначення параметрів CFD моделювання.

**Вступ.** X-bow носова кінцівка – це відносно новий вид суднових обводів. Перевірити ефективність цих обводів можна на моделях в дослідному басейні. Але виникають неминучі похибки перерахунку на натуру, які, з погляду на новизну обводів, дуже важко нормувати емпірично. В зв'язку з цим розрахунок сил і моментів для натурального судна в модулі Flow Simulation є дуже актуальним. Так, наприклад, по-перше, розрахункове визначення функцій впливу параметрів форми суднового корпусу на буксирувальний опір дає можливість на стадії проектування корегуванням теоретичного креслення провести оптимізацію суднових обводів з метою зниження буксирувального опору і таким чином знизити витрати палива під час експлуатації судна. По-друге, розрахункове визначення гідродинамічних сил і моментів та закону розподілення тиску води на змочену частину суднової поверхні дає можливість з більшою точністю виконати розрахунки загальної міцності. І, нарешті, по-третє, розрахункове визначення сил і моментів на суднових рулях з урахуванням їх гідродинамічної взаємодії з корпусом судна дає можливість з суттєво більшою точністю виконувати їх проектування з гарантованим забезпеченням керованості судна.

**Метою роботи** є розробка технології CFD моделювання для визначення гідродинамічних сил і моментів на корпусі натурального судна та рулях з носовими X-bow обводами.

**Основна частина.** Базуючись на зображеннях судна Greg Mortimer [1,2] за допомогою програми Grafula 2 створюємо з максимально можливою точністю його теоретичне креслення. Отримані теоретичні криві зображуються в програмі Advanced Grapher на проекціях Бок, Полуширота та Корпус. Далі виконуються звичайні операції згладжування та узгодження. Отримані криві теоретичного креслення експортуються з Advanced Grapher в .txt файли, які для вказаних проекцій доповнюються координатами  $y$ ,  $z$ , і  $x$  відповідно. Ці файли імпортуються в SOLIDWORKS, де формуються половинки носової, середньої і кормової частин суднової поверхні, яка віддзеркалюється відносно ДП та заповнюється латками і зшивається в тверде тіло. Аналогічно будуються твердо тільні моделі рулів. На рис.1 наведено 3D модель корпусу судна з рулями.



**Рис.1** – 3D модель корпусу та рулів судна Greg Mortimer

Головні характеристики Greg Mortimer наступні:  $L = 110.2$  м;  $B = 18.4$  м;

$$T = 5.3 \text{ м}; V = 8132 \text{ м}^3; S_{\text{ввл}} = 1837 \text{ м}^2; \Omega = 2726 \text{ м}^2; \frac{L}{B} = 5.989; \frac{B}{T} = 3.472; \delta = 0.757.$$

Далі для побудованої моделі судна в модулі Flow Simulation з використанням команди «майстер проекту» створюємо розрахунковий проект для фіксованої швидкості руху, наприклад, 8 м/с в наступній послідовності:

- 1) створюємо ім'я проекту, коментарі та конфігурацію;
- 2) обираємо систему одиниць вимірювання;
- 3) обираємо тип задачі: зовнішня (не стаціонарність, гравітація, вільна поверхня);
- 4) обираємо в якості незмішуваних компонентів текучого середовища повітря і воду;
- 5) обираємо умови на стінках: теплова умова – адіабатична стінка; шорсткість – гладка стінка;
- 6) обираємо початкові і зовнішні умови (наприклад X компонента швидкості -8 м/с);
- 7) для створеного проекту окремо: коригуються розміри зовнішньої області, формуються граничні умови, створюються розрахункові цілі, формуються глобальна та локальна мережа де задаються рівень подрібненості клітинок мережі в текучому середовищі і на поверхні судна;
- 8) формуються опції керування розрахунком: умови завершення; адаптація мережи; параметри розрахунку та збереження результатів.

Після закінчення розрахунку і отримання результатів проект клонується, ставиться нова швидкість та запускається новий розрахунок. Час розрахунку залежить від багатьох факторів, а саме від кількості клітин розрахункової мережі, параметрів моделювання, потужності комп'ютера і вимог до збіжності процесу розрахунків. На рис.2 в якості прикладу зображено результати розрахунків опору Greg Mortimer в середовищі Flow Simulation при кількості клітинок розрахункової мережі 444266 (синій колір) та за методом Холтропа-Маннена (зелений колір). Окрім цих в доповіді наведено результати розрахунків опору при збільшенні кількості клітинок до 1500000, а також інших сил і моментів на корпусі і суднових рулях.

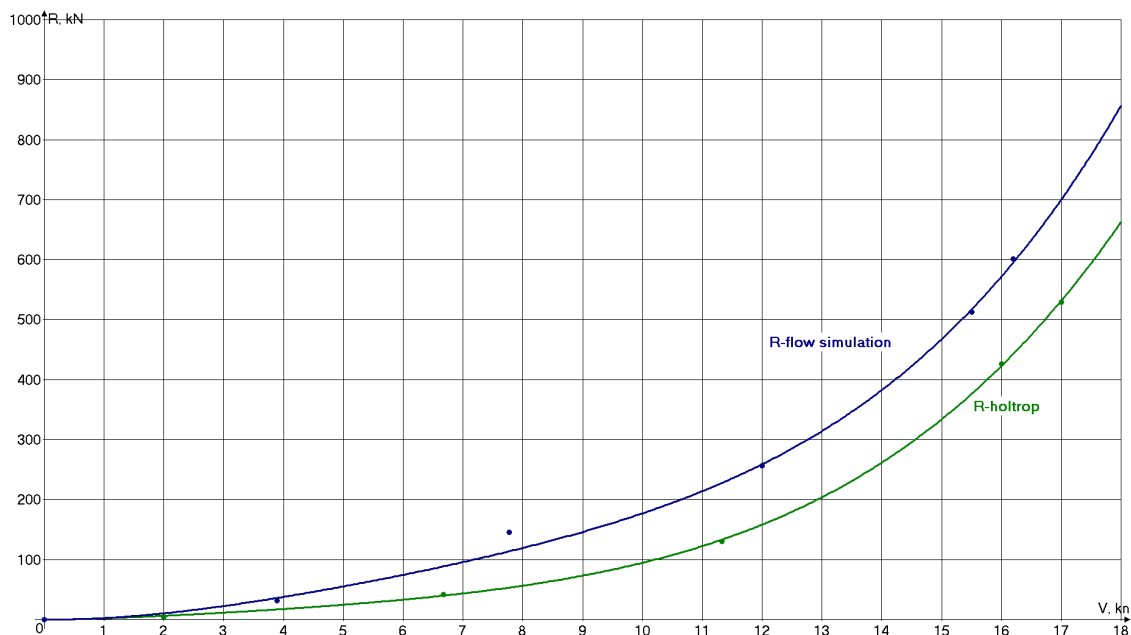


Рис. 2. Опір води руху натурального судна Greg Mortimer

**Висновки.** В результаті виконаного дослідження можна зробити наступні висновки:

- 1) реалізовано досить простий і доступний засіб побудова 3D моделей суден та їх елементів за допомогою програм Grafula 2 і Advanced Grapher;
- 2) при наявності потужної обчислювальної техніки CFD моделювання є сучасним оперативним методом отримання достовірних результатів для натурних об'єктів з мінімальними витратами часу і коштів;
- 3) можливість розрахунку гідродинамічної взаємодії елементів рушійно-рульового комплексу суттєво поліпшує процес їх проектування, удосконалення і накопичування цінного досвіду для створення нових і удосконалення існуючих інженерних методик розрахунку.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Інтернет ресурс <https://expeditionsonline.com/vessels/greg-mortimer>
2. Інтернет ресурс <https://ulstein.com>

#### Determination Of The Hydrodynamic Characteristics Of The Hull-Rudder System For A Vessel With X-Bow Hull Design

Korol Yu.M. Romanenko D.V.

Admiral Makarov National Shipbuilding University, Mykolaiv, Ukraine,

**Abstract:** 3D models of the hull and rudders of a full-scale ship with bow X-bow contours were built. Projects were developed and a series of calculations of hydrodynamic forces and moments on the hull and rudders were performed in the Flow Simulation CFD module of the SOLIDWORKS system. Determination of CFD modeling parameters and verification was carried out by analyzing the received variants of calculation results and comparing them with the results of resistance calculation using approximate engineering methods.

**Keywords:** three-dimensional model of a ship with bow X-bow contours, calculation of hydrodynamic forces and moments on the ship's hull and rudders, determination of CFD modeling parameters.