

Recommendations are given on the use of the CFD package OpenFOAM for use in the initial stages of designing X-bow type ships.

Keywords: resistance; vessel; X-BOW; CFD; OpenFOAM

УДК 629. 5.015.2

ПОРІВНЯЛЬНІ РОЗРАХУНКИ ОПОРУ МОДЕЛІ СУДНА X-BOW ТИПУ В OPENFOAM ТА FREE!SHIP PLUS

Тимошенко Виктор Федорович,

кандидат технічних наук, доцент навчально наукового центру гідромеханіки

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова;

Україна, Миколаїв

yftim@ukr.net

Анотація. Проведено порівняльні розрахунки опору руху моделі судна з обводами носового краю типу X-BOW з використанням CFD OpenFOAM 8.x пакета та FREE!ship Plus комплексу програм в діапазоні швидкостей $Fr_L=0,05...0,4$. Наведено рекомендації щодо використання CFD пакету OpenFOAM та FREE!ship Plus комплексу програм для використання на початкових стадіях проектування суден X-BOW типу.

Ключові слова: опір; X-BOW; CFD; OpenFOAM; FREE!ship Plus.

Вступна частина. При розрахунку ходкості суден на початкових стадіях проектування широко використовуються CAD/CAE комплекси програм, такі як Machsurf, Fastship, Rhinoceros + Marine + Orca 3D, Delftship, Free!ship Plus, NavCAD (CAE) і т.п., у яких для проектування водотоннажних суден використовуються методи Ridgeley-Nevitt-1967, var Oortmersen-1971, Holtrop-1984 [3], UBC-1993, Fung-Leibman-1995, Hollenbach-1998 [2] та інші. Ці методи базуються на даних систематичних модельних експериментах серій корпусів у дослідних басейнах, а також на статистичних методах обробки великої кількості експериментальних даних несерійних моделей суден. Найбільш часто використовується статистичний метод Holtrop-1984, так як він враховує більше параметрів, що впливають на опір руху судна, такі як, площа і аплікату ц.т. площі бульба на носовому перпендикулярі, занурена площа транця, форма кормового краю, кут носового загострення, 11 типів виступаючих частин та ін. Виявляє інтерес перевірки можливості використання перерахованих вище методів для розрахунку ходкості суден типу X-bow.

Метою роботи є порівняння розрахунків опору судна X-bow типу у CFD пакеті OpenFOAM v8.x з методами, що базуються на експериментальних даних у програмі FREE!ship Plus v3.5.

Основна частина. Для перевірки була створена в FREE!ship Plus v3.5 модель судна постачання бурових вишок за геометричними даними патенту [1].

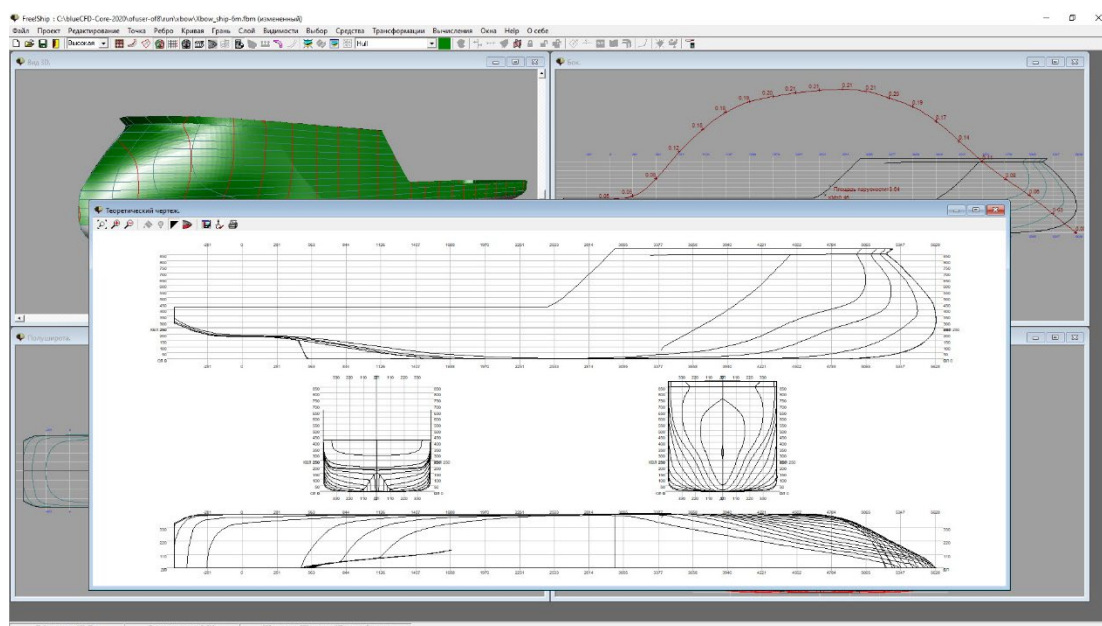


Рисунок 1 – Теоретичне креслення корпусу моделі

Таблиця 1. Основні характеристики корпусу моделі

Довжина між перпендикулярами	5.628 м
Довжина максимальна	6.186 м
Ширина на міделі	0.880 м
Проектна осадка	0.250 м
Абсциса міделя	2.814 м
Об'ємна водотоннажність	0.805 м ³
Водотоннажність	0.804 тонн
Коефіцієнт загальної повноти	0.5968
Призматичний коефіцієнт	0.6228
Коефіцієнт вертикальної повноти	0.7129
Змочена площа поверхні	6.175 м ²
Абсциса Ц.В.	2.601 м
Абсциса Ц.В.	0.234 %
Площа міделя	0.213 м ²
Коефіцієнт повноти міделя	0.9583
Довжина ватерлінії	6.073 м
Ширина по ватерлінії	0.883 м
Площа ватерлінії	4.515 м ²
Коефіцієнт повноти ПЛ	0.8372
Абсциса Ц.Т. площі ватерлінії	2.265 м
Половина кута носового загострення	29.70 град

Параметри 3D моделі корпусу наведено у табл.1, а теоретичне креслення на рис.1.

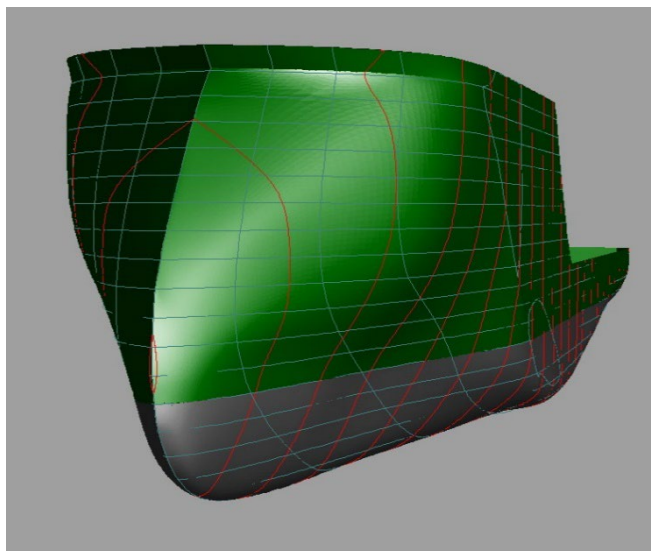


Рисунок 2 – 3D вид носових обводів судна типу Ulstein X-bow

Як приклад у таблиці 2 наведено параметри розрахунку опору 6-ти метрової моделі з 2-ма гребними гвинтами за методом ОСТ 5.0181-1975 (серія №1), а в таблиці 3 результати розрахунку опору та буксирувальної потужності.

Таблиця 2. Параметри розрахунку

C_p	0.6226
C_b	0.5970
C_{wp}	0.8392
C_m	0.9589
A_m	0.21 м ²
T_c	0.250 м
L_{wl}/B_{wl}	6.878
B_{wl}/T	3.534
L_{wl}/T	24.303
Ψ_i	6.542
X_c	-0.197 м
X_c/L_{pp}	-0.0351
$Ca \cdot 10^3$	0.450
$C_{app} \cdot 10^3$	0.050
$Caero \cdot 10^3$	0.000
N_p	2

Таблиця 3. Результати розрахунку буксирувальної потужності та опору

V_s	V_{ms}	Fr_L	R_F	R_R	R_T	P_E
вузл	м/с	-	Н	Н	Н	Вт
1.51	0.78	0.101	6.9	1.1	8.0	6.2
1.88	0.97	0.126	10.3	2.1	12.3	12.0
2.26	1.16	0.150	14.3	3.4	17.7	20.5
2.63	1.35	0.175	18.9	5.1	24.0	32.5
3.01	1.55	0.200	24.2	7.8	31.9	49.4
3.38	1.74	0.225	29.9	12.0	42.0	73.0
3.75	1.93	0.250	36.3	17.1	53.4	103.0

4.50	2.32	0.300	50.7	47.2	97.9	226.6
4.75	2.44	0.317	56.0	56.4	112.5	274.8
5.00	2.57	0.333	61.5	63.9	125.4	322.6

На рис. 3 наведено результати розрахунку повного опору R_T для моделі в залежності від швидкості з використанням двох солверів Stat и Dyn (rigidBodyMotion). Як видно з графіків, повний опір в OpenFOAM 8.x и по методам Hollenbach-1998, Fung-Leibman-1995 й OCT 5.0181 - 1975 (серії №1 та №2) досить добре співпадають і похибка становить до 10%.

Розбіжність розрахунків опору методами Holtrop -1984 і Holtrop -1984/88 з результатами моделювання OpenFOAM 8 значні та перевищують 100 і 200%, відповідно, і використання даних методів при проектуванні суден обводами типу X-bow непридатне.

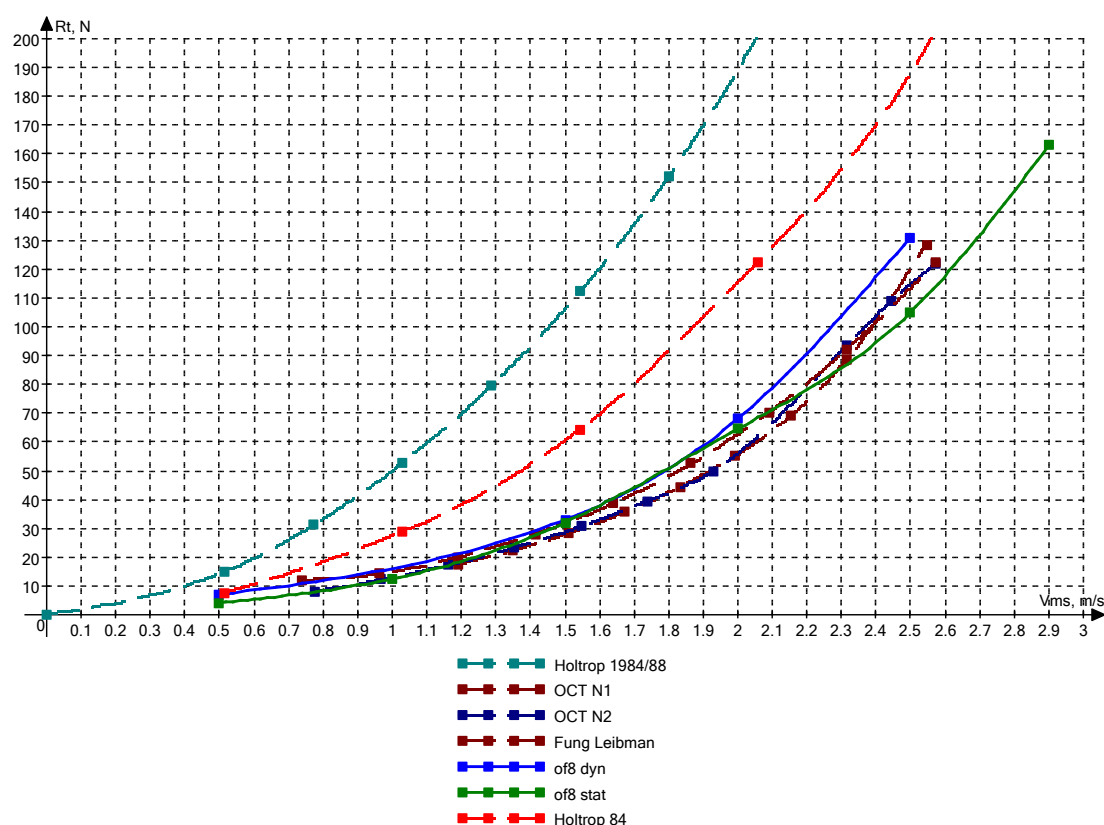


Рисунок 3 – Залежність повного опору R_T від швидкості за результатами розрахунків у OpenFOAM 8 та FREE!ship Plus

Висновки. Зрівняння результатів моделювання в OpenFOAM v8 (двома солверами) опору моделі судна з обводами X-bow і методами Hollenbach-1998, Fung-Leibman-1995 та OCT 5.0181-1975 показало досить добрий збіг у широкому діапазоні швидкостей та можливість використання їх у початкових стадіях проектування X-bow типу суден.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Kamsvag, and Oyvind Gjerde, "Foreship arrangement for a vessel of the displacement type", U.S. Patent, 2010.
- [2]Hollenbach, K.U., Estimating resistance and propulsion for single-screw and twin-screw ships, Ship Technology Research 45/2, 1998.
- [3] Holtrop, J., A statistical re-analysis of resistance and propulsion data, International Shipbuilding Progress, Vol. 31, No. 363,p. 272-276.

Comparative calculations of the resistance of the X-BOW ship model in OPENFOAM and FREE!ship Plus

Tymoshenko V.F.

Abstract. Comparative calculations of the movement resistance of the ship model with X-BOW bow contours were carried out using CFD OpenFOAM v8 package and FREE!ship Plus program complex in the range of speeds $Fr_L=0.05...0.4$. Recommendations for the use of the OpenFOAM CFD package and the FREE!ship Plus complex programs for use at the initial stages of designing X-BOW type vessels are given.

Keywords. resistance; X-BOW; CFD; OpenFOAM; FREE!ship Plus

УДК 620.172.21

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ В ТАВРОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ КОНСТРУКТИВНИХ ВУЗЛІВ КОРПУСУ СУДНА**Бокій О.О.¹, Коростильов Л.І.², Лабарткава А.В.³, Матвієнко М.В.⁴**

¹ аспірантка кафедри будівельної механіки та конструкції корпусу корабля
olgagromko762@gmail.com

² доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельної механіки та конструкції корпусу корабля *leonty.korostilyov@nuos.edu.ua*

³ кандидат технічних наук, доцент кафедри зварювального виробництва Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна,
andreynuk@gmail.com

⁴ кандидат технічних наук, доцент кафедри зварювання Херсонського навчально-наукового інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, Україна, *maksym.matvienko@nuos.edu.ua*

Анотація. Методом математичного моделювання досліджено вплив конструктивних факторів таврового зварного з'єднання на коефіцієнт концентрації напружень (ККН) при статичному навантаженні. Найбільш впливовим фактором на величину ККН є радіус переходу від основного металу до металу зварного шва. Увігнута форма шва забезпечує найнижчі значення локальних напружень.

Ключові слова: таврове з'єднання; коефіцієнт концентрації напружень; метод скінченних елементів; конструктивні фактори

Вступна частина. Корпус судна є складною інженерною спорудою, яка в процесі експлуатації постійно піддається деформації. Міцність деталей та елементів конструкцій корпусу судна за наявності зварних швів в значній мірі залежить від конструктивних факторів зварних з'єднань. Відомо, що при заданих зовнішніх силових факторах, які діють на елемент конструкції з будь-яким зварним швом, на величину коефіцієнтів концентрації напружень (ККН) впливають не властивості матеріалу, а вид концентратора, його гострота і геометричні параметри. На підставі даних теорії пружності [1] встановлено, що форма швів значно впливає на розподіл в них напружень від дії зовнішнього навантаження. Концентрація напружень, зумовлена формою шва, має місце в зоні сполучення шва з основним металом і залежить від величини підсилення шва і радіуса переходу. Кутові з'єднання характеризуються тим, що в них виникає найбільша концентрація напружень [2]. Таким чином, визначення величин ККН для заданих геометричних розмірів зварних кутових швів для таврового вузла дозволить визначити і оптимізувати конструктивні особливості для виконуваних швів при виготовленні конструктивних вузлів корпусу судна.