

SECTION 5. SHIPBUILDINGDOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-230-2-8>**MULTI-PARAMETER 3D SHIP PROPELLER GENERATOR****МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧНИЙ 3D ГЕНЕРАТОР СУДНОВИХ
ГРЕБНИХ ГВИНТІВ****Korol Yu. M. Король Ю. М.**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Educational and Scientific Center of Hydromechanics,
Admiral Makarov National Shipbuilding University
Mykolaiv, Ukraine*

*кандидат технічних наук, доцент,
керівник навчально-наукового центру гідромеханіка
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна*

Kornelyuk O. M. Корнелюк О. М.

*Senior Lecturer at the Department of Ship Management
Kherson State Maritime Academy
Odesa, Ukraine*

*старший викладач
кафедри управління судном
Херсонська державна морська академія
м. Одеса, Україна*

В першому наближенні геометричні і гідродинамічні характеристики елементів пропульсивного комплексу суден (ПКС) визначаються за допомогою результатів серійних, та/або спеціальних модельних випробувань в науково-дослідних басейнах, квітаційних та аеродинамічних трубах. В другому наближенні для розв'язування актуальних задач гідродинамічного удосконалення корпусу, рушія та руля ПКС використовуються сучасні методи і засоби обчислювальної гідродинаміки, що дозволяє суттєво скоротити час та вартість досліджень і уникнути основного недоліку фізичного моделювання – масштабного ефекту. Метою таких досліджень є визначення функцій впливу параметрів форми і взаємного розташування елементів ПКС на величину пропульсивного коефіцієнту $\eta = \eta_r \eta_h \eta_p$, де η_p – коефіцієнт корисної дії ізольованого гребного гвинта в однорідному потоці, η_k – коефіцієнт впливу корпусу судна і η_r – коефіцієнт впливу суднового руля. Тому задача визначення таких параметрів і розробка

3D генераторів елементів ПКС [1] є невід'ємною складовою досліджень, а для гребних гвинтів – темою цієї доповіді.

Сукупність проектних параметрів, які визначають геометрію гребних гвинтів, можна розділити на дві групи – загальні та лопатеві. До загальних відносять такі параметри: D – діаметр; P – крок; D_H – діаметр маточини; t_0 – умовна товщина лопаті на осі; A_E – площа, обмежена контуром випрямленої лопаті; z_p – кількість лопатей; d_r – напрямок обертання.

Лопатеві параметри більш детально характеризують форму лопаті гвинта та їх у свою чергу також можна розділити на дві групи. До першої групи відносяться параметри, що визначають форму контуру лопаті та характеристики гвинтової поверхні. А саме: $\bar{c}_b(\bar{r})$ – закон зміни безрозмірної довжини хорди профілю вздовж радіусу; $\bar{s}_m(\bar{r})$ – закон зміни безрозмірної ординати середньої лінії лопаті вздовж радіусу; $\bar{P}_d(\bar{r})$ – закон зміни крокового відношення вздовж радіусу лопаті, $\overline{rake}(\bar{r})$ – закон зміни осьового зміщення точок профілю лопаті, причому $s_m(r) = c_{bm}\bar{s}_m(\bar{r})$, $c_b(r) = c_{bm}\bar{c}_b(\bar{r})$,

$$\frac{P}{D}(r) = \frac{P_c}{D}\bar{P}_d(\bar{r}), \quad \Delta\xi = \frac{D}{2}\overline{rake}(\bar{r}), \quad \bar{r} = \frac{2r}{D}, \quad r - \text{поточний радіус,}$$

c_{bm} – максимальна ширина (довжина хорди) лопаті, $\frac{P_c}{D}$ – конструктивне крокове відношення, $\Delta\xi$ – осьове зміщення точок профілю лопаті. До другої групи відносяться параметри, що визначають форму профілю лопаті. Кількість, сутність та значення цих параметрів залежать від типу профілю. Наприклад, для 4-х цифрового профілю НАСА маємо 3 параметри: \bar{y}_{cm} – максимальне відхилення середньої лінії від хорди; \bar{x}_{cm} – положення місця максимального відхилення середньої лінії; \bar{t}_m – товщина профілю (всі параметри в частках від хорди профілю). На відміну від стандартних параметри профілів для гребних гвинтів можуть приймати не тільки фіксовані, але і довільні значення. Ці значення можуть бути як постійними, так і змінними вздовж радіусу лопаті. Тоді до вже перелічених необхідно додати наступні залежності: $\bar{y}_{cm}(\bar{r})$, $\bar{x}_{cm}(\bar{r})$, $\bar{t}_m(\bar{r})$, $\bar{x}_{cm}(\bar{r})$ та/або інші, характерні для профілів НАСА, ЦАГІ, Gö та ін. Така велика кількість параметрів виключає ефективну побудову 3D моделей гребних гвинтів

у «ручному» режимі і стала причиною розробки мультипараметричного 3D генератора гребних гвинтів GSP3D для CAD системи SolidWorks.

Програма GSP3D призначена для генерації координат точок поверхні гребних гвинтів на фіксованих радіусах за заданими проектними параметрами. Загальні вхідні дані для програми готуються у вигляді текстового файлу `gspdata.txt`, який містить інформацію, наведену на рисунку 1 в якості прикладу.

Діаметр гребного гвинта, м	1.60
Крокове відношення	0.819
Дискове відношення	0.75
Умовна товщина лопаті на осі	0.04
Відносний діаметр маточини	0.2
Число лопатей	4
Напрямок обертання (1-правий; -1-лівий)	1
Тип профілю	20

Рис. 1. Зміст файлу `gspdata.txt`

Файли даних, що визначають лопатеві параметри першої групи містять наступну інформацію:

- номер системи базисних функцій;
- кількість членів апроксимаційної функції;
- коефіцієнти апроксимації.

Ці файли формуються авторською програмою *Aproximator* в залежності від обраного методу апроксимації, номеру базисних функцій, їх кількості та початкових даних [2]. Контроль якості побудови апроксимаційних функцій здійснюється за допомогою програми *Advanced Grapher*.

Файли даних, що визначають лопатеві параметри другої групи готуються наступним чином. Припустимо, що в якості початкового базису обрано серію В гребних гвинтів. Профільні перетини цієї серії добре відомі, а безрозмірні 2D координати точок профілів можна визначити з таблиць, або за допомогою програм-оцифровувачів (*Grafula*, або *Get Data Graph Digitizer*) з відповідних креслень, як, наприклад, наведено на рисунку 2.

Далі за допомогою авторської програми профільного генератора FG2022-15 звичайним методом спроб і помилок визначаються 15 параметрів, які реалізують мінімальність відхилень контуру профілю від точок оцифрування (суцільні лінії на рис. 2) [3]. Виконавши цю роботу для всіх профільних перетинів будуюмо залежності цих

параметрів від радіуса і визначасмо для них коефіцієнти апроксимації за допомогою програми Аproximator.

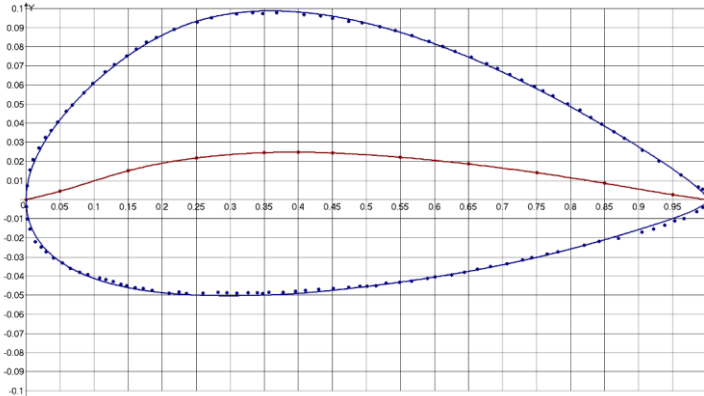


Рис. 2. Результати оцифрування профілю гребного гвинта серії В на відносному радіусі 0.25

Всі файли лопатевих параметрів першої і другої групи разом з файлом `gspdata.txt` переміщуються в папку з програмою GSP3D, здійснюється її запуск в результаті якого формуються 3D криві 30 профільних перетинів, вхідної та вихідної кромки лопаті. Послідовність побудови 3D моделі гребного гвинта в CAD SolidWorks наведено на рис. 3 [4]. Спочатку відображаються згенеровані профільні перетини, потім за допомогою інструменту «бобишка основа на кордоні» формується твердо тільна модель лопаті. Потім лопать за допомогою інструменту «круговий масив» обертається до заданих 4-х і будується маточина обертанням її контуру. Останнім кроком будуються закруглення між маточиною та лопатями.

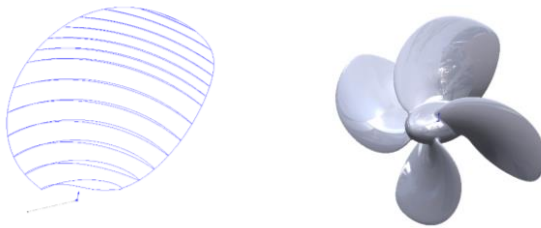


Рис. 3. Побудова тривимірної моделі гребного гвинта

Висновок. За вказаним алгоритмом сформована база даних по відомим серіям гребних гвинтів, за допомогою якої генерація і побудова 3D моделей з будь якими загальними та відкоригованими лопатевими даними здійснюється за декілька хвилин. Отримані моделі можуть бути використані для CFD моделювання роботи ПКС.

Література:

1. Король Ю.М., Рудько О.Н. Автоматизированная генерация данных для построения твердотельных моделей гребных винтов, *Збірник наукових праць НУК № 1*, Миколаїв, 2008. С. 17–23.
2. Король Ю.М., Корнелюк О.Н. Методы оптимизации в задачах проектирования эффективных гребных винтов новых серий. *Інновації в судостроєнні і океанотехніці* : матеріали IV МНТК, Николаев, 2013. С. 64–66.
3. Король Ю.М., Корнелюк О.М. Оптимізація параметрів гребних гвинтів як один з шляхів підвищення енергетичної ефективності суден *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування (СЕУТТО-2020)* : матеріали 11 Міжнародна науково-практична конференція. Херсон, 8–10 вересня, 2020.
4. Король Ю.М. Принципы, методы и средства построения 3D моделей судовой поверхности и твердых тел. Материалы ВНТК, Николаев, НУК, 2020. С. 37–42.