

Бондаренко О.В., Ніколаєнко О.С.,

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

ПОСТАНОВКА ТА ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ ПРОЕКТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ СУДЕН

УДК 629.5.01

Сучасні вимоги до проектування науково-дослідних суден (НДС), поряд з визначенням основних характеристик, звертають увагу проектанта на вирішення питань безпеки екіпажу, науковців та судна в цілому під час проведення наукових операцій. Такі проекти вимагають додаткових капіталовкладень на забезпечення відповідного рівня надійності та безпеки, через що виникає необхідність оцінювання економічної ефективності НДС з урахуванням додаткових витрат, ще на етапі концептуального проектування. Саме тому зважаючи на велику кількість параметрів, що підлягають визначенню ще на початкових етапах проектування, буде доцільно використовувати оптимізаційний підхід до задачі вибору проектних характеристик НДС.

З математичної точки зору оптимізаційну задачу можна сформулювати наступним чином:

$$F(X, C) \rightarrow \min(\max) \quad , \quad X \in D \subset R^n;$$

$$D = \{X \in R^n \mid g_j(X, C) \geq 0, \quad j \in [1, p], \quad g_l(X, C) = 0, \quad l \in [p+1, k]\},$$

де $F(X, C)$ – критерій оптимізації; $C(C_1, \dots, C_m)$ – вектор параметрів завдання на проектування; m – кількість параметрів; $X(x_1, \dots, x_n)$ – вектор незалежних змінних, n – кількість незалежних змінних; k – загальна кількість обмежень задачі; p – кількість обмежень задачі у вигляді нерівностей; R^n – n -мірний Евклідів простір.

Допустима область пошуку D сформована на основі системи прямих і функціональних обмежень у вигляді нерівностей $g(X, C) \geq 0$. Прямі обмеження накладаються безпосередньо на компоненти вектора незалежних змінних і компоненти вхідних параметрів:

$$x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}, i=1, \dots, n.$$

Функціональні обмеження включають вимоги до якостей науково-дослідних суден:

$$A_j(X) \leq a_j,$$

де $A_j(X)$ і a_j – розрахункові і необхідні значення якості судна, відповідно.

Для НДС система функціональних обмежень включає наступні вимоги: мінімальне значення поперечної метacentричної висоти $GM_T \geq 0,15$ м; максимальне значення вертикальних прискорень $a_{CG} \leq 0,25g$; максимальна осадка $d \leq d_{\max}$; максимальна ширина $B_{OA} \leq B_{OA\max}$; площа палуб $S_{\text{заг}} > S_{\text{необх}}$; вимоги до діаграми статичної остійності: $\theta_{\text{закоч}} \geq 60^\circ$, $S_{30^\circ} > 0,05$ м×рад, $S_{40^\circ} > 0,09$ м×рад, $S_{40^\circ} - S_{30^\circ} > 0,03$ м×рад; вимоги до кута крену від скупчення людей на одному борті $\theta_{\text{скл}} < 10^\circ$; похибка вирішення рівняння мас не більше 1 % тощо.

Для визначення проектних характеристик НДС розроблена математична модель судна, що включає в себе наступні елементи: розрахунок геометричних характеристик корпусу, визначення навантаження мас, потужності головного двигуна, параметрів посадки і остійності, вартості побудови та експлуатаційних витрат. В основу моделі покладено наукові напрацювання [1], допрацьовані авторами для науково-дослідних суден. Оптимальні характеристики судна визначалися за показником ефективності його функціонування.

На першому етапі визначаються головні розміри судна. Далі в математичній моделі виконується розрахунок потужності головного двигуна, який передбачає:

- визначення буксирувального опору R_T за допомогою методу Холтропа [2]:

$$R_T = C \frac{\rho v^2}{2} \Omega,$$

де C – безрозмірний коефіцієнт буксирувального опору; ρ – щільність води, т/м³; v – швидкість судна, м/с; Ω – площа змоченої поверхні судна, м²;

- оцінювання пропульсивного коефіцієнту;

Площа наукових лабораторій визначається за допомогою формули, що була отримана згідно статистичних даних по науково-дослідних суднах:

$$S_{\text{лаб}} = 22,04e^{0,002LB}, \text{ м}^2,$$

Розрахунок навантаження мас судна виконується за формулою:

$$\Delta = LS + DW,$$

де LS – водотоннажність судна порожнем, т; DW – дедвейт, т.

Вартість побудови судна обчислюється за формулою:

$$C = (1 + k_1)(C_M + C_O + C_W + C_R),$$

де k_1 – коефіцієнт комерційних витрат та планових відрахувань; C_M – вартість матеріалу; C_O – вартість наукового обладнання; C_W – вартість робіт суднобудівного заводу; C_R – вартість науково-дослідного обладнання.

Для обчислення експлуатаційних витрат судна необхідно розробити модель функціонування НДС. Модель функціонування представляє собою послідовність операцій, які виконує судно. Для НДС можна виділити наступні основні операції: перебування в порту, перехід морем, робота на станції (позиціювання, дрейф) буксирування підводного апарату або тралу. Під час виконання тих чи інших функціональних операцій потрібно розраховувати витрати палива. При цьому слід враховувати, що на переходах в основному затрати пального необхідні для роботи головних двигунів, а на стоянках та під час проведення наукових досліджень - допоміжних дизель-генераторів та підрулюючих пристроїв. Виходячи з цього визначається тривалість ходового часу та часу стоянок. Оскільки передбачити можливі варіанти експедиції протягом року або іншого періоду досить важко, то пропонується використовувати імітаційне моделювання [3] та стохастичні характеристики елементів експедиції.

Імітаційна модель функціонування НДС служить для розрахунку середньорічних експлуатаційних витрат:

$$C_O = C_{Fix} + C_{Var},$$

де C_{Fix} – постійні витрати; C_{Var} – змінні витрати.

Постійні експлуатаційні витрати залежать від чисельності екіпажу, вартості побудови судна і включають наступні складові:

$$C_{Fix} = C_{Crew} + C_M + C_{IS} + C_D + C_{Of},$$

де C_{Crew} – витрати на утримання екіпажу та науковців; C_M – витрати на ремонт та забезпечення; C_{IS} – витрати на страхування; C_D – амортизаційні витрати; C_{Of} – адміністративно-управлінські, берегові витрати.

Змінні експлуатаційні витрати включають у себе наступні складові:

$$C_{Var} = C_P + C_F + C_{Oil},$$

де C_P – витрати в порту; C_F – витрати на паливо; C_{Oil} – витрати на масло.

Висновки: запропонована математична модель науково-дослідного судна, яка дозволяє на початкових етапах проектування визначити його оптимальні характеристики.

Список використаної літератури. **1.** Бойко, А.П. Применение генетического алгоритма для выбора оптимальных характеристик пассажирских судов с малой площадью ватерлинии [Текст] / А.П. Бойко, А.В. Бондаренко // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали I міжнародної науково-технічної конференції. – м. Миколаїв, 15–17 вересня 2010 р. – Миколаїв: НУК, 2010. – С. 99–102. **2.** Holtrop, J. An approximated power prediction method [Text] / J. Holtrop, G.G.J. Mennen // International Shipbuilding Progress. – 1982, July. – Vol. 29, № 335. **3.** Кельтон, В.Д. Имитационное моделирование. [Текст] / В.Д. Кельтон, А.М. Лоу – К.: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.