

*К.В. Пирожков, магістрант, А.В. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев*

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОЦМАНСКИХ КАТЕРОВ

Задача выбора оптимальных проектных характеристик лоцманских катеров (ЛК) относится к группе задач стохастического нелинейного программирования. В общем виде ее можно представить следующим образом:

$$F(X, C) \rightarrow \min(\max), X \in R^n; \quad G_i(X, C) \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; \quad H_j(X, C) = 0, j = 1, 2, \dots, k,$$

где $F(X, C)$ – целевая функция; $G_i(X, C)$ – ограничения типа неравенств; $H_j(X, C)$ – ограничения типа равенств; $C(C_1, \dots, C_m)$ – вектор параметров задания на проектирование; $X(x_1, \dots, x_k)$ – вектор решений; m – количество ограничений типа неравенств; k – количество ограничений типа равенств; R^n – n -мерное векторное пространство.

Математическая модель задачи определяется следующим образом. Известны исходные данные: количество лоцманов N_{PIL} , водоизмещение Δ , эксплуатационная скорость v_s , коэффициент продольной полноты C_p , соотношения главных размерений (L/B , B/d , D/d) и относительное положение абсциссы центра величины LCG/L .

Введем следующую функцию, отражающую цель решения

$$\zeta\Phi = \frac{M[\Pi]}{P} \rightarrow \max,$$

где $M[\Pi]$ – математическое ожидание прибыли; P – вероятность невыполнения лоцманским судном основных функциональных задач.

Данная функция означает, что необходимо добиться максимальной прибыли от эксплуатации лоцманского катера и максимизировать вероятность выполнения основных операций.

Система ограничений включает требования к мореходным и эксплуатационным качествам катера.

В основу данной задачи положена математическая модель (рис. 1), состоящая из следующих блоков:

Блок 1 – расчет главных размерений и коэффициентов формы корпуса ЛК;

Блок 2 – расчет ходкости производится методом, предложенным в работе [1] по следующему уравнению:

$$\left(\frac{R_T}{\Delta}\right)_{100,000} = A_0 + \sum_{i=1}^6 A_i \cdot P_i + \left(\sum_{i=7}^{10} A_i \cdot P_i\right) \cdot F_{nV} + \left(\sum_{i=11}^{13} A_i \cdot P_i\right) \cdot F_{nV}^2 + \left(\sum_{i=14}^{16} A_i \cdot P_i\right) \cdot F_{nV}^3 + \left(\sum_{i=17}^{24} A_i \cdot P_i\right) \cdot F_{nV}^4$$

Здесь A_i – коэффициенты, которые определены путем регрессионного анализа и P_i – параметры формы корпуса судна. В методе F_{nV} коэффициенты переменных были рассчитаны для 11 значений числа Фруда, отнесенного к водоизмещению в диапазоне скоростей $F_{nV} = 1,0 \dots 2,0$ с шагом 0,1.

Блок 3 – расчет нагрузки масс осуществляется по формуле [2]:

$$W_{LS} = W_{100} + W_{150} + W_{200} + W_{300} + W_{400} + W_{500} + W_{600} + W_{700} + W_U,$$

где W_{100} – масса корпуса, т; W_{150} – масса надстройки, т; W_{200} – масса энергетической установки, т; W_{300} – масса электрической системы, т; W_{400} – масса электронного оборудования, т; W_{500} – масса вспомогательных систем, т; W_{600} – масса снабжения, т; W_{700} – масса специальных систем, т; W_U – запас водоизмещения, т.

Блок 4 – расчет начальной остойчивости, который состоит в определении начальной поперечной метацентрической высоты:

$$GMt = KB + BMt - KG,$$

где $KB = 0,961 \cdot T_x \cdot \left(1,048 - \frac{C_b}{C_b + C_{wp}}\right)$ – аппликата центра величины, м; $BMt = \frac{I_T}{\nabla}$ – поперечный метацентрический радиус, м; $I_T = C_I LB^3$; $C_I = 1,316 \cdot C_{wp} - 0,394$; KG – аппликата центра тяжести, м.

Блок 5 – расчет параметров ДСО осуществляется методом Власова-Благовещенского [3] с дальнейшей проверкой требований к остойчивости ЛК.

Блок 6 – расчет экономических показателей системы предусматривает определение стоимости судна и расходов на его эксплуатацию.

Выбор оптимального варианта проекта лоцманского катера проводится с использованием метода Пауэлла и штрафных функций.

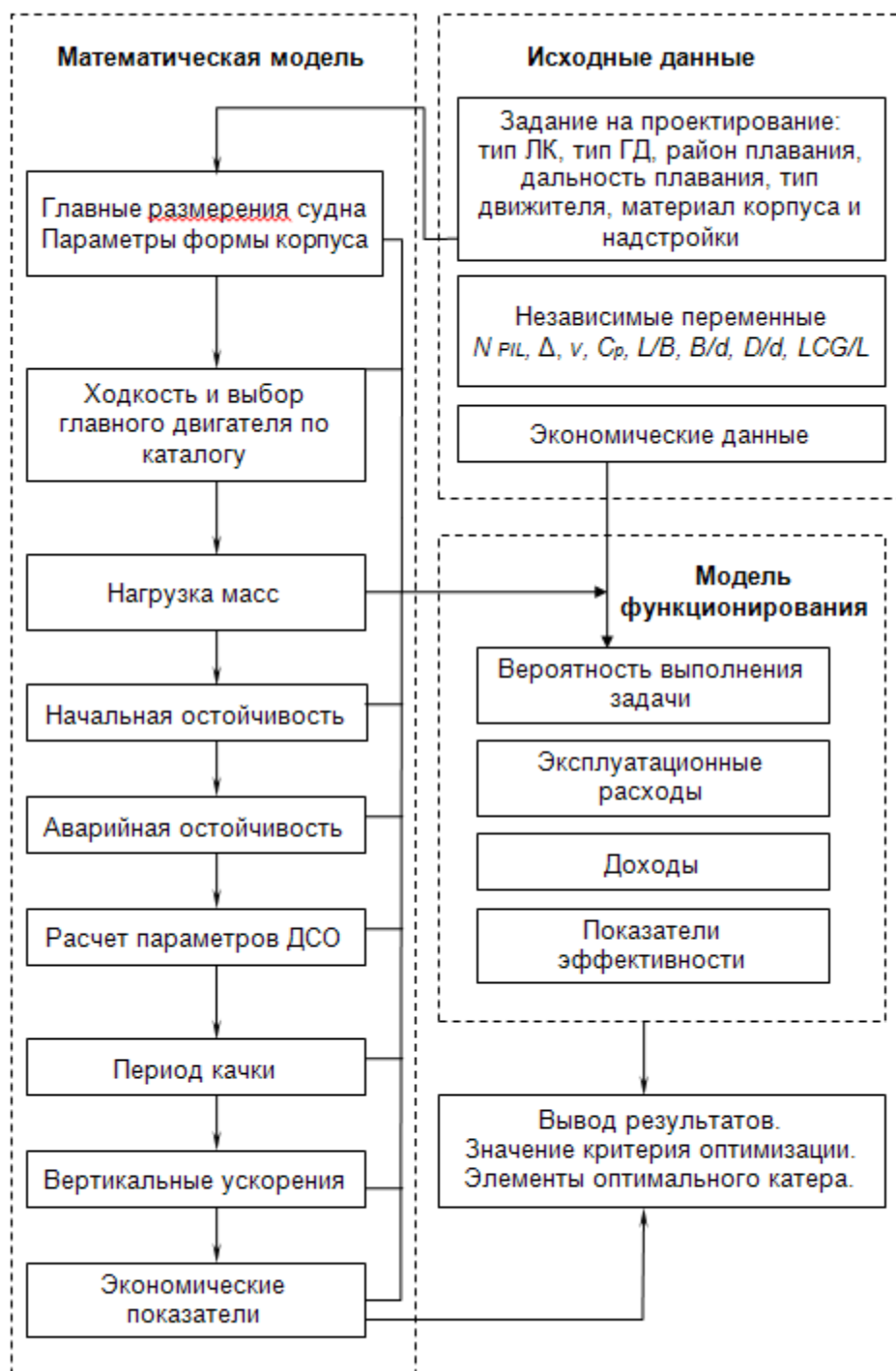


Рис. 1. Блок-схема математической модели и модели функционирования ЛК

Вывод. Рассмотренная формулировка и модель задачи выбора оптимальных характеристик ЛК может использоваться на этапе концептуального проектирования для получения наиболее эффективного проекта.

Литература: 1. Lahtiharju E. Resistance and Seakeeping Characteristics of Fast Transom Stern Hulls with Systematically Varied Form [Text] / E. Lahtiharju, T. Karppinen, M. Hellevaara, T. Aitta // SNAME Transactions. – 1991. – Vol. 99. – P. 85 – 118. 2. Grubisic, I. Reliability of Attribute Prediction in Small Craft Concept Design [Text] / I. Grubisic, E. Begovic // Proc. of XIV IMAM Congress. – Genoa, 2011. – 13th – 16th September. – P. 439 – 448. 3. Семенов-Тян-Шанский В.В. Статика и динамика корабля: Учебник для вузов [Текст] / В.В. Семенов-Тян-Шанский. – Л.: Судостроение, 1973. – 608 с. 4. Бойко А.П. Имитационная модель функционирования лоцманских судов с малой площадью ватерлинии [Текст] / А.П. Бойко, А.В. Бондаренко, Я.А. Клева // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008. – №1 (418). – С. 24 – 30.