

ФОРМАЛЬНАЯ ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Богданов А.В., Радин В.К.,

Херсонская государственная морская академия

В статье предложена математическая модель технического потенциала судовой энергетической установки (СЭУ), учитывающая вероятностный характер оценки доли технических, экономических и экологических показателей. Получены аналитические зависимости между исследуемыми показателями. Исходные для расчёта математической модели показатели СЭУ могут быть найдены статистическими методами.

Ключевые слова: математическая модель, технические, экономические и экологические показатели СЭУ.

Постановка проблемы и её связь с практическими задачами.

Понятие экономического потенциала предприятия широко используется в экономической литературе [1]. Для построения оптимизационных задач используются величины, измеряемые как количеством денег, так и количеством материальных ресурсов или других независимых групп переменных. Однако, связь между отдельными группами переменных на основе вероятностной природы образования самих переменных не установлена.

Актуальным сегодня является введение аналогично экономическому потенциалу предприятия понятия технического потенциала изделия, а конкретно – судовой энергетической установки (СЭУ), разграничение и увязка между собой различных видов показателей, определяющих технический потенциал СЭУ и в конечном итоге построение его математической модели.

Анализ последних публикаций и постановка задачи исследования.

Технический потенциал любого изделия определим тремя группами показателей, имеющих различную природу образования: технические, экономические и экологические показатели. Каждая из выделенных групп показателей может разделяться на произвольное количество показателей, каждый из которых имеет определённую долю в выделенной группе.

Появление группы экологических показателей обусловлено значительным возрастанием в последнее время их важности. Особенно это касается СЭУ, доля загрязнения окружающей среды, которыми среди всех видов мирового транспорта составляет 71 % [2, 3].

Математическое моделирование комплексного параметра качества СЭУ, учитывающего как технические, так и экономические её показатели проведены в работе [4]. Недостатком данной модели является отсутствие в ней экологических показателей СЭУ.

В большинстве зарубежных математических моделях, в которых учитываются рыночные взаимоотношения между отдельными экономическими субъектами, как правило, используются вероятностные методы расчёта. На основе вероятностных законов построены современные математические дисциплины: оптимизационные методы и модели, исследование операций, эконометрия и другие [5-7].

В силу известных причин, рыночные взаимоотношения между отечественными приборостроителями и, соответственно, математическое моделирование указанных процессов значительно отстают от зарубежных аналогов. Отечественное приборостроение экономически более затратное, энергоёмкое, имеющее более низкие не только технические, но и экономические показатели.

Вместе с тем, и в зарубежных математических моделях отсутствует чёткое разграничение между различными видами показателей изделий, имеющих различную природу. Например, комплексный показатель качества не разграничивает между собой технические и экономические (стоимостные) показатели СЭУ.

Комплексный показатель качества соответствует математическому ожиданию дискретной случайной величины (K_0), которая определяется как сумма произведений относительных значений соответствующих параметров на их вероятности (коэффициенты весомости):

$$K_0 = \alpha_1 \frac{p}{p_{\max}} + \alpha_2 \frac{m_{\min}}{m} + \alpha_3 \frac{b_{e\min}}{b_e} + \alpha_4 \frac{b_{m\min}}{b_m} + \alpha_5 \frac{r}{r_{\max}} + \alpha_6 J + \alpha_7 \frac{C_{\min}}{C}. \quad (1)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7$ – коэффициенты весомости; $p = \frac{P_e}{l \cdot s \cdot h}$ [кВт/м³] – удельная мощность дизеля; P_e – номинальная эффективная мощность дизеля; $l \cdot s \cdot h$ – габаритные размеры СЭУ (длина, ширина и высота) [м]; $m = \frac{M}{P_e}$ [кг/кВт] – удельная масса; M – масса дизеля; b_e [кг/кВт·ч] – удельный эффективный расход топлива дизеля; b_m [кг/кВт·ч] – удельный эффективный расход масла дизеля; r [тыс. ч.] – ресурс работы до капитального ремонта; J – условный показатель рода топлива, используемого дизелем (для тяжёлого топлива – $J = 1$, для дизельного – $J = 0$);

Сумма коэффициентов весомости составляет полную группу событий:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 = 1. \quad (2)$$

Расчётное значение стоимости дизеля – C определяется выражением:

$$C = \frac{0,77 \cdot P_e^{0,87} \cdot r^{0,48}}{b_e^{1,58} \cdot b_m^{0,23}} [\text{условных единиц}]. \quad (3)$$

Отсутствие разграничений в разных видах показателей существенно сужает возможности для нахождения максимума (оптимального плана решения) комплексного показателя качества СЭУ.

Недостатком известного выражения для комплексного параметра качества (1) является отсутствие его зависимости от экологических характеристик СЭУ, которым уделяют всё большее внимание.

Целью настоящей работы является введение аналогично экономическому потенциалу предприятия понятия технического потенциала СЭУ, разграничение и увязка между собой различных видов показателей, определяющих данный потенциал, дополнительное введение экологических показателей, а также построение его математической модели.

Изложение материалов исследований. В геометрическом пространстве единицей измерения является эталон длины. Длина отрезка или значение декартовой координаты в геометрическом пространстве является вероятностной величиной, соответствующей произведению эталона длины на численную меру длины, равную обратной величине вероятности попадания на эталонную длину «бросаемой» на данный отрезок точки [8].

В экономическом пространстве единицей измерения являются деньги [9, 10]. Стоимость материальных активов, интеллектуальных ресурсов или прав собственности на них на активном рынке является вероятностной величиной, соответствующей произведению эталона стоимости – денежной единицы (гривны) на численную меру стоимости, равную обратной величине вероятности оценки данной денежной единице на активном рынке при покупке данного товара.

Аналогично геометрическому и экономическому пространству введём техническое пространство, например, для рассмотрения качества СЭУ. В качестве первой переменной в техническом пространстве – единицы измерения выберем его техническую значимость, определяемую выражением:

$$\tau = \frac{k}{m}, \quad (4)$$

где k - коэффициент пропорциональности, зависящий от вида независимых переменных, входящих в данное пространство; m – количество двигателей принимаемых во внимание.

В качестве второй переменной в техническом пространстве выступает техническое совершенство изделия t . В нашем случае техническое совершенство двигателей определяется относительной частотой появления каждого из событий – y_i или первыми шестью слагаемыми в выражении для его комплексного показателя качества (1). Зависимость значения каждого из шести технических показателей СЭУ (дискретной случайной величины – Y) от вероятности их появления – P , представлены в табл. 1:

Таблиця 1 – Розподілення дискретної випадкової величини Y

Y	$\frac{p}{p_{\max}}$	$\frac{m_{\min}}{m}$	$\frac{b_{e \min}}{b_e}$	$\frac{b_{m \min}}{b_m}$	$\frac{r}{r_{\max}}$	J
P	α_1^0	α_2^0	α_3^0	α_4^0	α_5^0	α_6^0

Математичне очікування дискретної випадкової величини – технічного досконалства t , визначиться формулою:

$$t(Y) = \alpha_1^0 \frac{p}{p_{\max}} + \alpha_2^0 \frac{m_{\min}}{m} + \alpha_3^0 \frac{b_{e \min}}{b_e} + \alpha_4^0 \frac{b_{m \min}}{b_m} + \alpha_5^0 \frac{r}{r_{\max}} + \alpha_6^0 J = \sum_{i=1}^m \alpha_i^0 \cdot y_i, \quad (5)$$

де $\alpha_1^0, \alpha_2^0, \alpha_3^0, \alpha_4^0, \alpha_5^0, \alpha_6^0$ – величини ймовірностей появи кожного з подій (коефіцієнти вагомості).

С розділенням показателів СЗУ, входять в комплексний показник якості, окремо на технічні та економічні, в кожній з груп значення показателів повинні бути перераховані так, щоб скласти повну групу подій:

$$\alpha_1^0 + \alpha_2^0 + \alpha_3^0 + \alpha_4^0 + \alpha_5^0 + \alpha_6^0 = 1$$

Технічне досконалство виробу визначимо як виробництво еталона на численну міру технічної значимості виробу, рівну оберненої величині ймовірності оцінки даної технічної значимості на активному ринку при придбанні виробу.

Технічне досконалство відповідає математичному очіканню в математиці, довжині в геометричному просторі або вартості в економічному просторі.

В якості третьої змінної в даній моделі служить його економічна характеристика – ціна c . В нашому випадку ціна дизеля визначається сьомим слагаемым в вираженні (1). Ціна виробу визначається як сума виробів цінних показателів, входять в його собівартість c з додаванням гудвила, враховуючого ринкову цінність - x_i на вагомості кожної з складових – β_i [9, 10]:

$$c(X) = \sum_{i=1}^m \beta_i \cdot x_i$$

де $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$ – сума коефіцієнтів вагомості кожної з складових ціну виробу.

В якості четвертої змінної виберемо екологічний показник виробу (j), визначений аналогічно визначенню його технічного досконалства або ціни.

Екологічний показник виробу (СЗУ) визначається як сума виробів кожного з складових, забруднення оточуючого середовища (кількість окислів азоту та інших шкідливих речовин в вихлопних газах,

загрязнение водной среды нефтепродуктами и другое) – z_i на весомость каждой из составляющих – γ_i :

$$j(Z) = \sum_{i=1}^m \gamma_i \cdot z_i$$

где $\sum_{i=1}^m \gamma_i = 1$ – сумма коэффициентов весомости каждой из составляющих экологический показатель изделия.

Все три показателя СЭУ должны быть выбраны из одного списка изделий – СЭУ, определяемых числом m в формуле (2).

Так как техническое совершенство, цена и экологический показатель изделия – независимые величины, то геометрически их можно изобразить тремя независимыми векторами или трёхмерной системой координат (рис. 1).

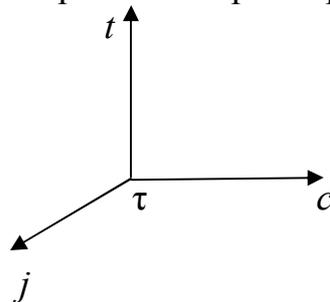


Рисунок 1 – Математическая модель технического потенциала СЭУ: c – цена; t – техническое совершенство; j – экологический показатель

Техническая значимость (единица измерения) τ является ортом для всех осей координат: c – цены; t – технического совершенства и j – экологического показателя СЭУ и определяется выражением (2).

Математическую модель технического изделия в техническом пространстве, описываемую множеством из четырёх независимых переменных (техническая значимость изделия – τ , его техническое совершенство – t , его стоимость – c и его экологический показатель – j), назовём формальной вероятностной моделью технического потенциала изделия (СЭУ).

Технический потенциал изделия – T , согласно рис. 1, определяется выражением:

$$T = \sqrt{t^2 + c^2 + j^2} \quad (6)$$

Комплексный показатель качества СЭУ является частным случаем его технического потенциала, учитывающего только его техническое совершенство и экономическую характеристику (цену), эмпирически рассчитанную с определённого количества двигателей при условии активного рынка.

Предлагаемая математическая модель СЭУ полностью подчиняется аксиомам вероятностной геометрии [8].

Для нахождения максимального значения комплексный показатель качества дифференцировался по одному из своих показателей и результат приравнялся к нулю [4]. Аналогично, технический потенциал продифференцируем, например, по техническому совершенству, зависимому от параметров другой группы показателей – n , и приравняем результат дифференцирования к нулю при условии, что $t_n = t(n)$ и $c = const, j = const$:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{t(n) \cdot \frac{\partial t(n)}{\partial n}}{\sqrt{t^2 + c^2 + j^2}} = 0$$

Аналогично можно продифференцировать технический потенциал по переменным стоимости – c и экологическому показателю – j . Если учесть зависимость стоимости от технических показателей по формуле (3), то решение полученной системы уравнений не будет отличаться от решения, полученного в работе [4]. Отсюда, комплексный показатель качества является частным случаем технического потенциала СЭУ.

При линейной зависимости технического потенциала от технического совершенства, стоимости и экологического показателя получаем систему линейных уравнений, решение которой зависит от целевой функции и легко осуществляется оптимизационными методами.

При независимости между собой показателей технического совершенства, стоимости и экологического показателя экстремума не существует.

Выводы. На основе проведенных в статье исследований можно сделать вывод, что полученное выражение для оценки технического потенциала СЭУ позволяет дополнительно учитывать экологические и экономические показатели его эксплуатации и позволяет осуществить комплексную оценку технического потенциала СЭУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Формирование стратегии реализации потенциала предприятия : монография / [Гончаров В. Н., Касьянова Н. В., Солоха Д. В. и др.]. – Донецк : СПД Куприянов В. С., 2008. – 303 с.
2. Пахомов Ю. А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания : учебник / Ю. А. Пахомов. – М. : Транслит, 2007 – 528 с.
3. Волков В. В., Определение экономической эффективности проектированных СЭУ : методические указания / В. В. Волков, А. В. Ломоносов. – Херсон : ОТД ХСЗ, 1998. – 42 с.
4. Богданов А. В. Оптимизационная модель выбора судовой энергетической установки / А. В. Богданов, В. И. Свиридов, Н. Н. Кобяков // Науковий вісник ХДМІ, 2011. – № 1(4). – С. 3-15.
5. Колодінська О. В. Дослідження операцій : навчальний посібник / О. В. Колодінська, М. Г. Медведєв. – К. : Вид-во Європ. ун-ту, 2006. – 158 с.

6. Вітлінський В. В. Математичне програмування : навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни / В. В. Вітлінський, С. І. Наконечний, Т. О. Терещенко. – К. : КНЕУ, 2001. – 248 с.
7. Ковалёв В. Г. Математическое программирование (линейные задачи) : учебное пособие / В. Г. Ковалёв, А. Р. Наринян, В. А. Поздеев. – К. : Изд-во Европ. ун-та, 2004. – 170 с.
8. Богданов А. В. Вероятностная аксиоматика геометрии / А. В. Богданов // Науковий вісник ХДМІ, 2010. – № 2 (3). – С. 131-138.
9. Богданов А. В. Универсальная бухгалтерия : учебное пособие / А. В. Богданов. – Херсон : ОАО «ХГТ», 2009. – 200 с.
10. Богданов О. В. Практичний посібник для директора малого підприємства : навчальний посібник / О. В. Богданов, В. А. Романова. – Херсон : ВАТ «ХМД», 2010. – 200 с.

Богданов О.В., Радін В.К. ФОРМАЛЬНА ІМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ ТЕХНІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

У статті запропоновано математичну модель технічного потенціалу суднової енергетичної установки (СЕУ), що враховує імовірнісний характер оцінки частки технічних, економічних та екологічних показників. Отримано аналітичні залежності між досліджуваними показниками, Вихідні для розрахунку математичної моделі показники СЕУ можуть бути знайдені статистичними методами.

Ключові слова: математична модель, технічні, економічні та екологічні показники СЕУ.

Bogdanov A.V., Radin V.K. FORMAL PROBABILISTIC MODEL FOR TECHNICAL POTENTIAL OF SHIP POWER PLANTS

In the article a mathematical model of the technical capacity of the ship's power plant (SPP) is proposed, that takes into account the probabilistic nature of the portion estimates of the technical, economic and environmental indexes. The analytical relationship between the researched parameters was obtained. For calculation of the mathematical model the original SPP' syndicators can be found by statistical methods.

Keywords: mathematical model, technical, economic and environmental indexes SPP.