

УДК 621.43

В.О. Мазін, канд. техн. наук

## ЗНАЧИМІСТЬ ФАКТОРІВ ДОСКОНАЛОСТІ ТЕПЛООВОГО ДВИГУНА

### Введення

У період ринкових відносин є підвищений інтерес до теплових двигунів (ТД) і рівня їх досконалості. Реальний рівень досконалості (РД) як багатofакторну інтегральну оцінку якості можна встановити тільки з аналізу самих значних факторів. Методу оцінки значимості ( $Im$ ) поки не існує, «вагові коефіцієнти» – лише її умовний образ. Спроби щодо оцінки значимості робилися [1-4], результати, однак, сумнівні через необґрунтовані допущення. Відомий метод визначення РД ТД без урахування значимості факторів (за допущення рівної значимості) [5, 6], оцінка досконалості при цьому має похибку, що треба ще встановити.

### Формулювання проблеми

Рівень досконалості теплового двигуна необхідно визначати з урахуванням значимості факторів досконалості (ФД). Задача у тому, щоб встановити значимість факторів одного типу ТД. Значимість факторів значною мірою залежить від призначення двигуна. Так надійність, маса і габарити по-різному враховуються при оцінці досконалості авіаційних і стаціонарних двигунів, економічність і довговічність – цивільних і військових... Існуюча класифікація ТД за призначенням актуальна для оцінки значимості також.

### Метод визначення значимості факторів досконалості

Досконалість ТД встановлюють з аналізу множини показників і характеристик – факторів;  $i = 1 \dots n$  – порядковий номер і кількість факторів, розмір аналізованої множини факторів. Значення кожного фактора окремо у досконалості ТД різні, у цьому сенсі вони характеризуються значимістю, важливіс-

тю. Розрізняють фактори звичайної, високої і дуже високої, низької і дуже низької й зневажливо малої значимості.

Якість ТД поліпшують поетапно, кожен результат характеризується рівнем досконалості й множиною факторів різної значимості. Значимість факторів за етапами змінюється, множина може скоротитись при зменшенні значимості окремих факторів аналізованої множини до зневажливо малої чи розширитись за рахунок сторонніх факторів підвищеної значимості;  $k-1$ ,  $k$  – ознаки попереднього і поточного етапів.

З методичних розумінь прийнята умова: первісна сума значимостей аналізованих факторів зберігається  $\sum Im_{n, k-1} = \sum Im_{n, k} = \text{const}$ . На рис. 1 графічна модель методу: великий прямокутник, складений з менших прямокутників, їхні площі відповідають сумі значимостей факторів і значимостям окремих факторів.

Вдосконалення ТД складається зі зміни показників і характеристик (факторів) у бік кращих споживчих властивостей. Існує функціональна підпорядкованість, у цьому зв'язку розрізняють функції мети й аргументи з їх виконання.

Значимість фактора пов'язана з витратами щодо його визначення і виконання (час, гроші) й побічно з кількістю згадувань у літературі; тому існує 2 підходи визначення значимості економічний і статистичний. Витрати ( $B$ ) мають трудову і матеріальну складові. У більшості випадків трудові витрати на створення ТД розподіляються між факторами порівну, у результаті їх (стартова) значимість виявляється однаковою

$$B_{\phi i} = B_{ТД} / n; \quad Im_i = 1/n = idem. \quad (1)$$

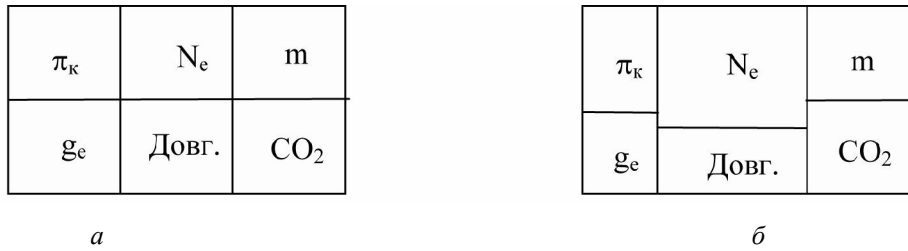


Рис. 1. Графічна інтерпретація значимості аналізованих факторів теплового двигуна

а, б – до і після вдосконалення;  $\pi_k$  – ступінь підвищення тиску у компресорі;  $m$  – маса двигуна;  $N_e$ ,  $g_e$  – ефективні потужність і питома витрата палива,  $CO_2$  – концентрація вуглекислого газу у випускному газі, Довг. – довговічність двигуна

### Статистичний підхід

Принцип визначення значимості факторів за статистичним і економічним підходами загальний, різниця в одиницях і особливостях обліку: згадування у літературі проти грошового вираження витрат. Статистичний підхід менш точний, проте не вимагає безпосереднього зв'язку з виробництвом. При визначенні значимості за статистичним підходом розрізняють етапи перший і наступні – відповідно до розширення врахованої літератури, змістом етапи не розрізняються. Особливістю є диференціація значимості ФД ТД вже на I етапі.

Значимість фактора за статистичним підходом

$$Im = \mathcal{C}_\phi / \mathcal{C}_{ТД}, \quad (2)$$

де  $\mathcal{C}_\phi$ ,  $\mathcal{C}_{ТД}$  – число, кількість друкованих праць, присвячених визначенню, виконанню чи вдосконаленню конкретного фактора і ТД у цілому (для ТД враховуються праці, що стосуються факторів у т.ч.).

На II і наступних етапах встановлюються невраховані друковані праці з фактору і ТД ( $\mathcal{C}_{\phi k}$ ,  $\mathcal{C}_{ТД k}$ ), відносні зміни відповідних кількостей, відносна зміна й власно значимість фактору

$$\begin{aligned} Dif_\phi &= \mathcal{C}_{\phi k} / \mathcal{C}_{\phi k-1}, & Dif_{ТД} &= \mathcal{C}_{ТД k} / \mathcal{C}_{ТД k-1}; \\ Dif_\phi / Dif_{ТД}, & & Im_k &= Im_{k-1} \cdot Dif_\phi / Dif_{ТД} \end{aligned} \quad (3)$$

Значимість залежить від розміру, ширини, кількості факторів аналізованої множини – див. формулу (1). При аналізі ТД розрізняють множини: з оцінки значимості ФД, значимих факторів і з визначення РД; перша множина тут сама загальна, а кожна на-

ступна – підмножина попередньої. Розмір множини з визначення РД ТД встановлюється з умови необхідності й достатності, тому що існує межа, за якою його величина майже не змінюється; в поодинокому випадку множини щодо визначення РД ТД і значима збігаються.

Розрахована значимість ФД являє собою числа значно менші одиниці і не сприймається як яскрава характеристика, не зручна для визначення РД ТД. Цих недоліків не існує, якщо відраховувати значимість відносно одиниці. Досвід показав, в аналізованій множині завжди є численна група т.зв. звичайних факторів близької значимості середніх величин, у інших вона істотно більша і менша. Визначивши середню значимість звичайних факторів  $Im_{mid}$ , поділивши на неї значимість членів аналізованої множини з заданою точністю і позначивши межі, множина калібрується на якісні групи зі значимістю порівняною до одиниці.

У таблиці 1 наведені множина значимих ФД, значимості ФД автомобільних ДВЗ при середній значимості звичайних факторів  $Im_{mid} = 0.03$  і коефіцієнти специфіки галузей  $k = Im / Im_{авт}$  тракторних, тепловозних, судових і стаціонарних ДВЗ. Ці дані отримані за статистичним підходом щодо оцінки значимості при обробці 2627 друкованих праць на глибину 35 років. Автомобільні двигуни прийняті за базу для порівняння через значну кількісну перевагу.

Таблиця 1. Значимість показників і характеристик для досконалості автомобільних ДВЗ ( $Im_{mid} = 0.03$ ).  
Коефіцієнт специфіки галузей

	$Im_{авт}$	$\kappa = Im/Im_{авт}$			
		тракторні	тепловозні	судові	стаціонарні
$D \cdot 10^3, м$	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9
$S \cdot 10^3, м$	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9
$V_h \cdot 10^6, м^3$	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9
$\varepsilon$	1.2	0.9	0.9	0.9	0.9
$m, кг$	0.9	1.2	0.9	0.9	0.4
ОЧ, ЦЧ	1	1	1	1	1
$\alpha$	1.2	0.9	0.9	0.9	0.9
$\pi_k$	1	1.1	1.1	1.1	1.1
$p_k, МПа$	1	1.1	1.1	1.1	1.1
$T_k, К$	0.5	2	2	2	2
$\Delta T_x, ^\circ$	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2
$T_t, К$	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
$n, об/хв$	1.5	1	1	1	1
$M_{кр}, Н \cdot м$	1.3	1.2	1	1	0.5
$N_e, кВт$	1.5	1	1	1	1
$g_e, кг/кВт \cdot год.$	1.6	0.9	0.8	0.8	0.9
СО, %	1.4	0.7	0.6	0.4	0.7
СО <sub>2</sub> , %	1.4	0.7	0.6	0.4	0.7
NO <sub>x</sub> , %	1.4	1	1	0.9	1
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , %	1	0.8	0.6	0.5	1
Шум, дБ	0.6	0.8	2	1	1.7
Надійність, відмов до 1 перебирання	0.9	1	1.7	1.7	1.1
Довговічність, годин	0.9	1	1.6	1.6	1.6
(Довжина×Ширина×Висота)·10 <sup>3</sup> , м	0.9	0.7	0.9	0.9	0.4

Позначення:  $D, S$  – діаметр циліндру й хід поршня;  $V_h$  – робочий об'єм циліндру;  $\varepsilon$  – ступінь стиску;  $m$  – маса двигуна; ОЧ, ЦЧ – октанове й цетанове числа використовуваних бензину й дизельного палива;  $\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря;  $\pi_k$  – ступінь підвищення тиску в компресорі;  $p_k, T_k$  – тиск і температура наддувочного повітря;  $\Delta T_x$  – зниження температури повітря в охолоджувачі;  $T_t$  – температура газу на вході в турбіну;  $n$  – частота обертання колінчастого валу;  $N_e, M_{кр}$  – ефективні потужність і крутний момент на валу двигуна;  $g_e$  – питома ефективна витрата палива; СО, СО<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> – концентрації окису вуглецю, вуглекислого газу, різних окислів азоту і вуглеводнів у випускному газі

У таблиці є фактори суворого виконання, що сприяють виконанню, наслідки та інші. Фактори суворого виконання захищені документами (ТЗ, ДСТ, правила ЄЕК ООН й ін.) і є носіями мети, замовлення, розпорядження, обмеження; при невідповідності документам їх значимість стає дуже високою. Спри-

ятливі формують, умови для факторів суворого виконання, наслідки пов'язані з цими групами (причинами) так чи інакше. Існує зв'язок значимості з приналежністю до цих груп: як правило, для факторів суворого виконання вона найвища ( $N_e, n$ ), потім ідуть

сприятливі ( $\pi_{до}$ ,  $\varepsilon$ ) й наслідки ( $g_e$ ,  $CO_2$ ), замикають ряд інші.

Виконаний аналіз показав, значимість факторів досконалості теплових двигунів (автомобільних ДВЗ у даному випадку) може бути порівнянною (однаковою навіть) і відрізнятися. При визначенні рівня досконалості допускається значимість не брати до уваги тільки у тому випадку, коли усі члени відповідної множини мають порівнянну значимість (рівну у границі).

За допомогою рівня досконалості можливо проаналізувати динаміку зміни якості теплових двигунів однієї серії (марки) з виробленням досить ймовірного прогнозу. Аналіз вітчизняних ДВЗ показав, значимість факторів досконалості з часом змінюється мало й поступово, монотонно, швидше за усе, відповідає продуктивності праці.

#### Висновки

1. Фактори досконалості теплового двигуна розрізняються значимістю, для автомобільних ДВЗ – у 2 ... 3 рази. Множина факторів досконалості автомобільних ДВЗ відрізняється рівнозначністю – невеликим розкидом значимості.

2. Значимість факторів досконалості теплових двигунів значно розрізняється з типом і призначенням, для ДВЗ за призначенням – у 1.5 ... 2 рази.

3. Дійсний метод придатний для теплових двигунів різних типів, газотурбінних і роторно-поршневих у т.ч., важливо лише коректно окреслити множину аналізованих факторів.

#### Список літератури:

1. Єроценков С.А., Крушедольский О.Г., Сергієнко М.І. Оцінка ступеня досконалості тепловозних дизелів сімейства Д80 //Міжвуз. зб. наук. праць. Хар-ДАЗТ. – 1998. – Вип. 32. – С. 3 – 9.
2. Эфрос В.В., Столбов М.С., Лупачёв П.Д. Выбор критериев и методов оценки топливной экономичности тракторных и комбайновых двигателей //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1986. – № 7. – С. 13 – 17.
3. Clauton R.M. Hydrogen enrichment for low-emission jet Combustion //Evaporate combustion fuels symposium. 172-nd meet. amer. chem. soc. – Washington, D.C., 1978. – P. 267 – 286.
4. Строков А.П., Парсаданов И.В. Многофакторное исследование процесса смесеобразования дизеля со смещённой форсункой //Сб. науч. тр., посвящённый 50-летию МАМИ. – Труды МАМИ. – 1989. – С. 105.
5. Мазин В.А. Обобщенный показатель качества теплового двигателя: метод определения //Вісник двигунобудування. – Запоріжжя: ОАО «Мотор-Січ», 2008. – № 1. – Знаходиться у друці з 04.12.2007.
6. Мазин В.А. Новый подход к оценке качества теплового двигателя //Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – № 1. – Знаходиться у друці з 18.01.2008.