

С.М. БАКЛАНОВ, студент, НТУ «ХП»,
В.В. МАТВЄЄНКО, інженер, НТУ «ХП»,
В.О. ПИЛЬОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХП»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСНОЇ МІЦНОСТІ ПОРШНІВ ТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛІВ

У статті пропонується один з напрямів вирішення проблеми економії ресурсів під час розробки або удосконалення двигуна, зокрема підвищення ефективності прогнозування ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів на стадії їх проектування

В статье предлагается одно из направлений решения проблемы экономии ресурсов во время разработки или усовершенствования двигателя, в частности повышение эффективности прогнозирования ресурсной прочности поршней тракторных дизелей на стадии их проектирования

One of the directions of the decision of the problem spare resource is offered in article during development or improvements of the engine, in particular increasing to efficiency of the forecasting resource to toughness pistons tractor diesels on stage of their designing

Постановка проблеми в загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями та виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття. Поршень є однією з найбільш термонавантажених деталей двигуна, тому безпосередньо питанню його ресурсної міцності в системі забезпечення надійності двигуна у цілому приділяється багато уваги.

У роботі розглянуто комплекс задач, пов'язаних з підвищенням ефективності процедур прогнозування ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів та забезпечення ресурсу особливо термонавантажених зон поршнів при перспективних рівнях форсування двигунів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких почато рішення даної проблеми і на які спирається автор. За проведеним аналізом методик прогнозування ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів визначено, що найбільш ефективним шляхом її оцінки є використання методики на основі рівняння Поспішила та енергетичного критерію Сосніна. Відповідно до неї величина накопичених пошкоджень залежить від сумісної дії процесів утоми та повзучості [3].

Вказана методика була допрацьована В.Т.Турчиним, В.О.Пильовим та А.П.Кузьменко і отримане наступне рівняння, що враховує передісторію навантаження поршня в усіх j перехідних процесах експлуатації двигуна [4]:

$$d_{fs} = \sum_j \sum_k \frac{1}{N_{fk}} + \frac{1}{U^*} \sum_j \sum_k \sum_i \sum_l (\dot{\epsilon}_n \sigma_l \tau_l), \quad (1)$$

$$\epsilon_n = \sum_j \sum_k \sum_i \sum_l \epsilon_{nl} \tau_l, \quad (2)$$

де d_{fs} – доля пошкоджень повзучості; N_{fk} – кількість циклів до руйнування матеріалу в умовах k -го циклу складного високо- та низькочастотного навантаження деталі; U^* – критична величина питомої енергії розсіювання за умов повзучості; $\epsilon_n, \epsilon_{nl}$ – загальна та поточна швидкість повзучості матеріалу; σ_l – дійсне значення напруження в особливо термонавантажених зоні деталі, що розглядається; τ_l – поточне значення часу навантаження деталі.

Формулювання цілей статті (постанова завдання). З наведеного можна зробити висновок, що прогнозування ресурсної міцності поршня потребує застосування суттєво неекономічних моделей експлуатації. Тому метою даної роботи є мінімізація теоретичної моделі експлуатації дизеля, призначеної для прогнозування ресурсної міцності теплонапружених деталей.

Бажано отримати мінімальну кількість полігонів аналогічно до 9-режимної моделі ГСКБД (Головне спеціалізоване конструкторське бюро з двигунобудування) [2] та мати достовірність результатів відповідних 18-режимній моделі ІПМаш (Інститут проблем машинобудування НАН України) [1]. Це дозволить прискорити побудову високофорсованих дизелів без втрати точності розрахунків на початкових стадіях проектування.

Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Визначним фактором, що впливає на ресурсну міцність поршня є температура в зоні кромки камери згоряння (КЗ).

Нами запропоновано поєднання окремих полігонів базової деталізованої моделі ІПМаш [1] за температурою. При цьому об'єднувалися такі полігони, різниця температур для кромки КЗ яких не перевищує 5%.

Це дозволило отримати вдвічі меншу кількість полігонів згорнутої моделі експлуатації (табл. 1). Для тракторного двигуна 4-ї категорії встановлено, що об'єднанню підлягають ті самі полігони, що й для 3-ї категорії.

Таблиця 1

Результати розрахунку температур в зоні кромки КЗ поршня та згортка моделі експлуатації тракторного двигуна 3-ї категорії

Згорнута модель			
Номер полігону i^*	Середнє навантаження на полігоні \bar{N}_{cpi}^*	Сумарна наробка \bar{P}_{cpi}	Середня температура на полігоні $t_{cpi}, ^\circ C$
0	0	0,154	175,26
1	0,0973	0,170	184,5
2	0,2475	0,027	199,879
3	0,3452	0,138	209,1
4	0,5013	0,120	224,4
5	0,6307	0,060	237,1
6	0,7411	0,114	247,9
7	0,8680	0,036	260,308
8	0,9175	0,111	265,2
9	0,9488	0,006	269,633
10	1,045	0,033	279,207

Таким чином, отримано зменшення кількості режимів з 18 до 10. Подальший напрямок робіт пов'язано з перевіркою області адекватності запропонованих моделей.

Ефективність застосування отриманої згорнутої моделі експлуатації тракторних двигунів 3-ї та 4-ї категорій можливо побачити, якщо зробити розрахунок накопичених ушкоджень кромки камери згоряння у поршні, що є найбільш термонавантаженою його зоною.

Були проведені розрахунки для двигунів потужністю 18,5 кВт/л, 21,3 кВт/л, 25 кВт/л, 30 кВт/л за моделями ІПМаш та запропонованою для двох конструкцій поршня – з галереєю для охолодження поршня та струменним масляним охолодженням.

Результати розрахунків з використанням моделі ресурсної міцності (1),

(2) наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків накопичених пошкоджень кромки камери згоряння в поршні d_{fs}

Рівень форсування, кВт/л	Модель нестационарного навантаження	Категорія трактора			
		3	3 (галерея)	4	4 (галерея)
18,5	ПМаш	0,038083	0,01766	0,04707	0,0228
	запропонована модель	0,036025	0,021321	0,044627	0,02346
	відмінність, %	5,40	20,73	5,19	2,89
21,3	ПМаш	0,15474	0,0514	0,2105	0,065
	запропонована модель	0,157546	0,058453	0,216472	0,07501
	відмінність, %	1,81	13,72	2,84	15,40
25	ПМаш	1,7723	0,323	2,622	0,458
	запропонована модель	1,726749	0,379662	2,567439	0,546315
	відмінність, %	2,57	17,54	2,08	19,28
30	ПМаш	-	4,631	-	6,62
	запропонована модель	-	5,91624	-	8,90062
	відмінність, %	-	27,75	-	34,45

З табл. 2 видно, що різниця результатів двох поданих моделей складає від $2 \div 20\%$ в області $d_{fs} < 1$ і до 35% при $d_{fs} > 1$. Це набагато кращий результат за той, де модель ПМаш порівнювалась з моделлю ГСКБД і похибка розрахунків склала 100% [4]. При цьому економічність запропонованої моделі є близькою до економічності моделі ГСКБД.

Висновки за даним дослідженням та перспективи подальшого розвитку даного напрямку:

1. Створено економічну модель експлуатації тракторного дизеля, призначену для системи прогнозування ресурсної міцності деталей камери згоряння;

2. Встановлено, що в загальному випадку склад полігонів економічних моделей експлуатації двигунів визначається призначенням цих моделей;

3. Враховано, що на попередніх етапах прогнозування пропонується використовувати запропоновану модель, а для уточнення розрахунків модель ППМаш.

Актуальність роботи пов'язана з вирішенням проблеми економії ресурсів під час розробки або удосконалення двигуна, зокрема підвищенню ефективності прогнозування ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів на стадії їх проектування.

Список літератури: 1. *Ажипто Н.А.* Прогнозирование долговечности подшипников скольжения тракторных двигателей на стадии их проектирования / *Ажипто Н.А., Балюк Б.К.* // Двигателестроение. – 1985. – № 8. – С. 17 – 20. 2. *Коваль И.А.* Ускоренные испытания двигателей / *И.А. Коваль, И.Ю. Вахтель, А.М. Диденко* // Тракторы и сельхозмашины. – 1974. – № 12. – С. 3 – 5. 3. *Пильов В.О.* Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності: [монографія] / *Пильов В.О.* – Х.: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332 с. 4. *Турчин В. Т.* Удосконалення методики визначення ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів / *В. Т. Турчин, В. О. Пильов, А. П. Кузьменко* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – № 2. – С. 30 – 35.

Надійшла до редколегії 01.10.10