

В.Т. Турчин, інж., В.О. Пильов, д.т.н., В.В. Матвєєнко, інж., І.Г. Омельченко, студ.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСНОЇ МІЦНОСТІ ПОРШНІВ ДВИГУНІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК РІЗНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

На сучасному етапі розвитку двигунобудування у зв'язку з подальшим форсуванням двигунів та підвищенням теплонапруженості деталей камери згоряння (КЗ) суттєво ускладнюється проблема забезпечення заданого ресурсу цих деталей на стадії проектування. Це викликає необхідність переходу від концепції гарантованого забезпечення призначеного ресурсу для деталей, що зазнають впливу критичних величин температур і напружень, до концепції мінімізації запасів міцності таких деталей. Вказане передбачає застосування удосконалених математичних моделей (ММ) прогнозування ресурсної міцності. З іншого боку, ускладнення ММ не сприяє скороченню часу проектування. Тому актуальною постає проблема створення економічних методів прогнозування ресурсної міцності теплонапружених деталей КЗ.

На практиці прогнозування ресурсу деталей проводиться на основі використання теоретичних стаціонарних моделей експлуатації, які являють собою сукупність базових полігонів навантажень, частот обертання та наробітків двигуна на кожному представницькому режимі його експлуатації [1-5]. Проте, особливістю роботи двигунів більшості енергетичних установок є практично безперервна зміна експлуатаційних режимів. Це зумовлює динаміку термічних навантажень основних деталей КЗ та враховується відповідними нестационарними моделями експлуатації [4, 6-8].

Розробка нестационарних моделей виконується, наприклад, за методикою [4]. Порівняємо нестационарні моделі, що отримані для двигунів машин різного технологічного призначення. Стаціонарна модель експлуатації тракторного двигуна [2] складається з 19 базових полігонів. За нею отримано 17 теоретичних нестационарних процесів навантаження [9]. Базова стаціонарна модель експлуатації автомобільного двигуна за даними [5] складається з 27 полігонів, комбайнового – з 26. На їх основі можна отрима-

ти нестационарні моделі, що відповідно налічують 22 та 24 перехідні процеси [9]. Зрозуміло, що прогнозування ресурсної міцності потребує врахування накопичення пошкоджень в деталі, що розглядається, для сукупності усіх перехідних процесів нестационарної моделі. Це означає, що одержання теоретичних економічних моделей експлуатації з мінімізованою кількістю перехідних процесів являється актуальним для всіх типів машин.

Метою роботи є створення економічних нестационарних моделей експлуатації двигунів енергетичних установок різного технологічного призначення.

Отримання економічних моделей в роботі здійснено на основі застосування методу прогнозування ресурсної міцності деталей КЗ [4]. Дослідження ресурсної міцності здійснювалися для поршня дизеля 4ЧН12/14 у двох конструктивних варіантах – з галерейним та струминним масляним охолодженням. Питома потужність двигуна – 21,3 кВт/л.

На рис. 1,2 наведено середню швидкість накопичення пошкоджень d_{fsj} / \tilde{P}_j для кожного з перехідних процесів автомобільного, комбайнового та тракторного дизелів.

Тут d_{fsj} – абсолютна величина накопичених пошкоджень втоми і повзучості в зоні кромки камери згоряння поршня за сумарною сукупністю циклів j -го перехідного процесу, \tilde{P}_j – частка наробітку двигуна за сумарною сукупністю циклів j -го перехідного процесу. Розрахунковий момент руйнування відпові-

дає умові $\sum_{j=1}^{j=n} d_{fsj} = 1$, загальний відносний час ро-

боти за призначений ресурс $\sum_{j=1}^{j=n} \tilde{P}_j = 1$, де n – загальна кількість перехідних процесів у моделі.

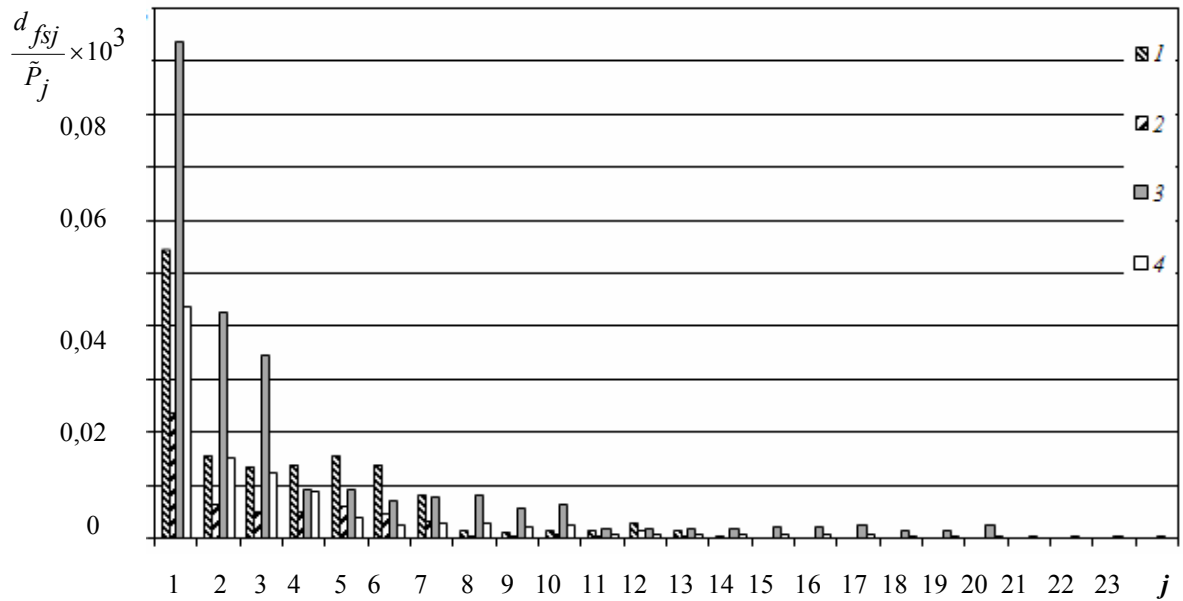


Рис. 1. Середня швидкість накопичення пошкоджень на кожному з j перехідних процесів нестационарного навантаження двигунів автомобільного та комбайнового призначення:

1 – автомобільний двигун, поршень з галерейним охолодженням; 2 – автомобільний двигун, поршень зі струминним охолодженням; 3 – комбайновий двигун, поршень з галерейним охолодженням; 4 – комбайновий двигун, поршень зі струминним охолодженням

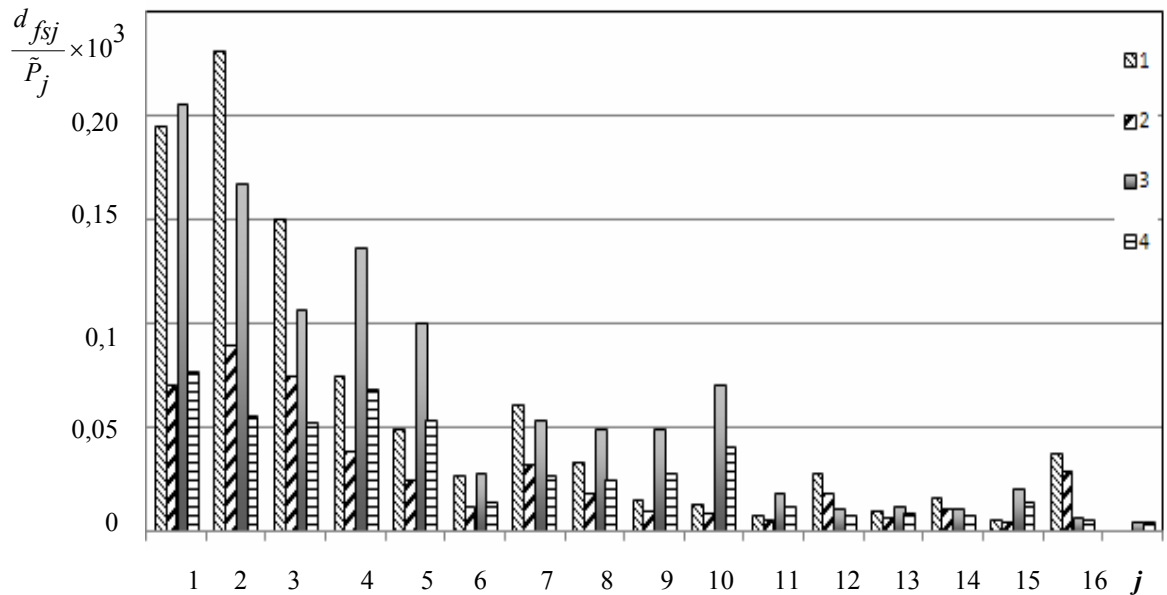


Рис. 2. Середня швидкість накопичення пошкоджень на кожному з j перехідних процесів нестационарного навантаження тракторних двигунів 3-ї та 4-ї категорій:

1 – тракторний двигун 3-ї категорії, поршень з галерейним охолодженням; 2 – тракторний двигун 3-ї категорії, поршень зі струминним охолодженням; 3 – тракторний двигун 4-ї категорії, поршень з галерейним охолодженням; 4 – тракторний двигун 4-ї категорії, поршень зі струминним охолодженням

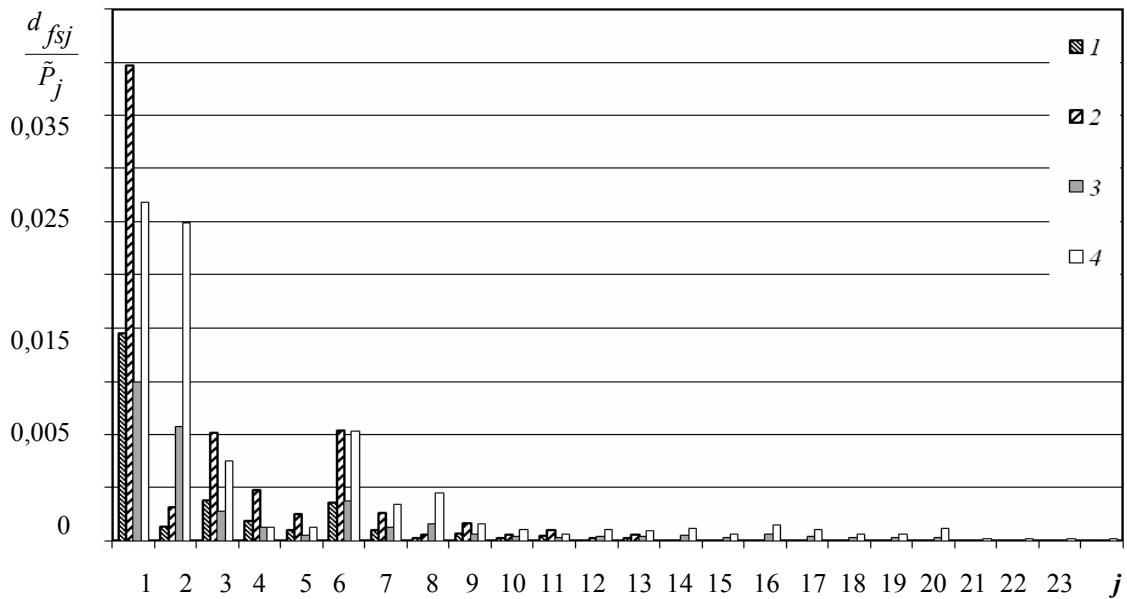


Рис. 3. Абсолютне значення накопичених пошкоджень на кожному з j перехідних процесів нестационарного навантаження двигунів автомобільного та комбайнового призначення:

- 1 – автомобільний двигун, поршень з галерейним охолодженням;
- 2 – автомобільний двигун, поршень зі струминним охолодженням;
- 3 – комбайновий двигун, поршень з галерейним охолодженням;
- 4 – комбайновий двигун, поршень зі струминним охолодженням

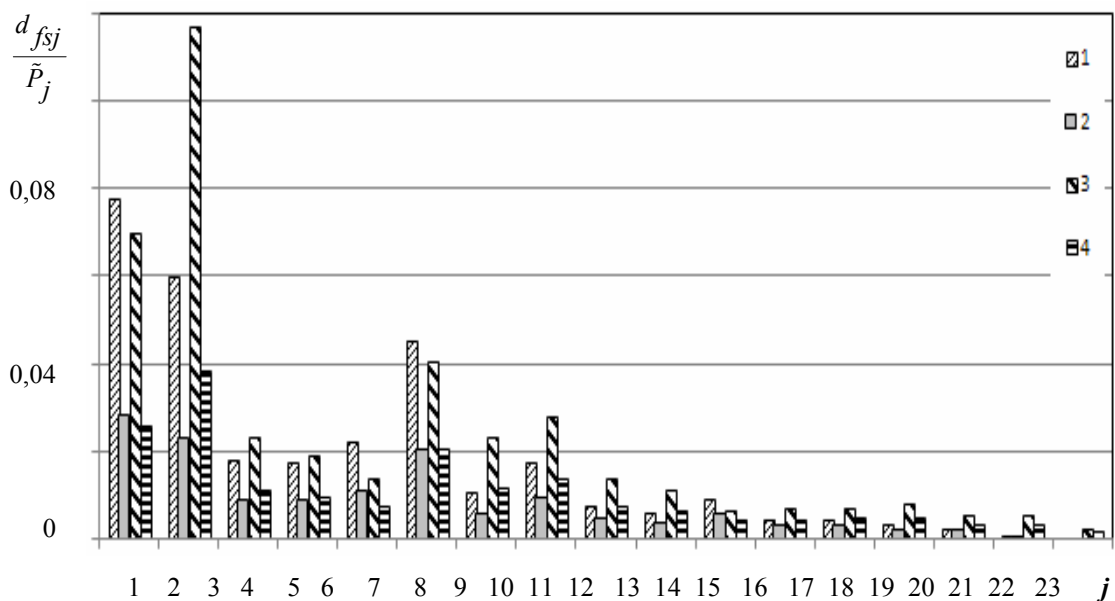


Рис. 4. Абсолютне значення накопичених пошкоджень на кожному з j перехідних процесів тракторних двигунів 3-ї та 4-ї категорій:

- 1 – тракторний двигун 3-ї категорії, поршень з галерейним охолодженням;
- 2 – тракторний двигун 3-ї категорії, поршень зі струминним охолодженням;
- 3 – тракторний двигун 4-ї категорії, поршень з галерейним охолодженням;
- 4 – тракторний двигун 4-ї категорії, поршень зі струминним охолодженням

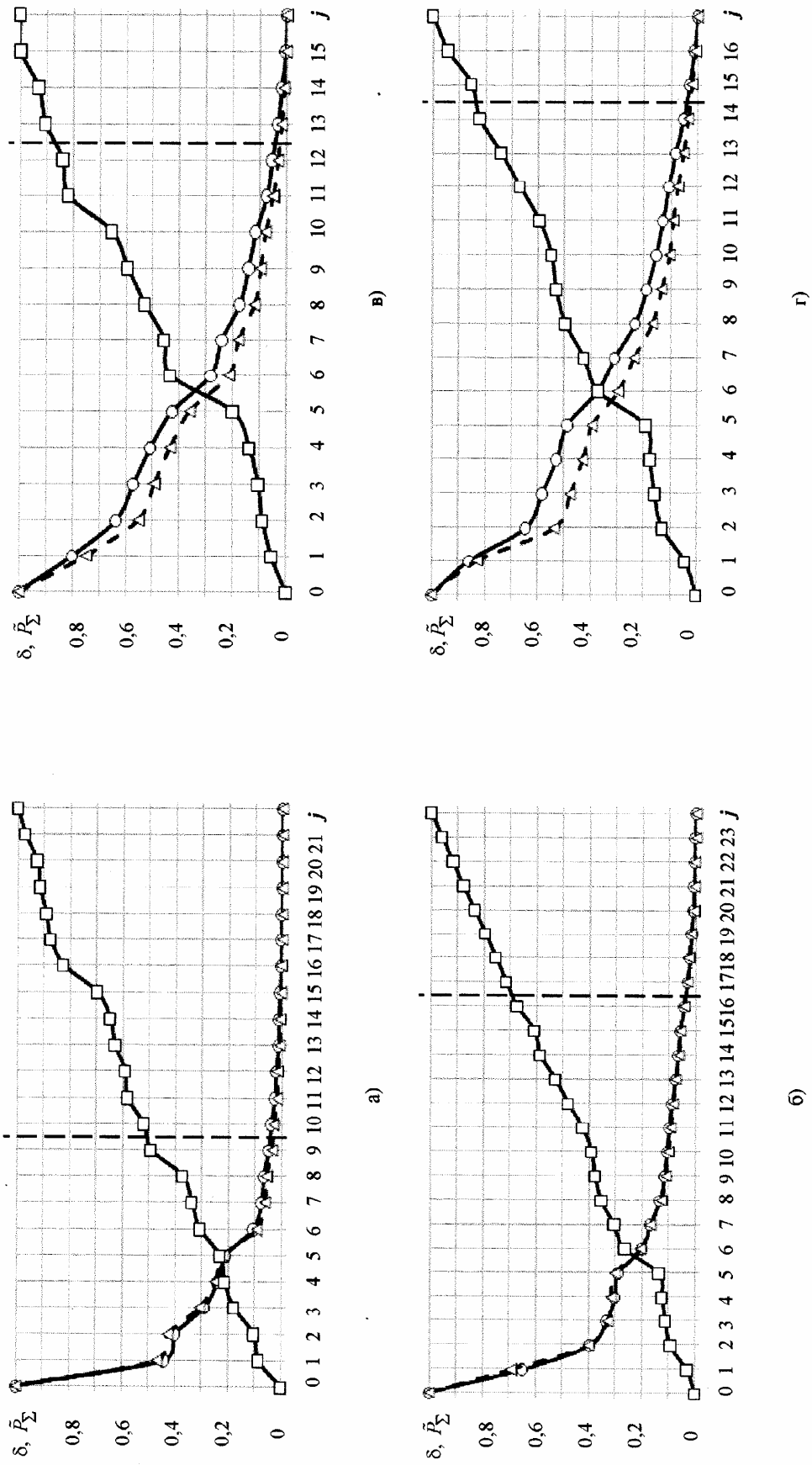


Рис. 5. Питомый внос переходных процессов у накопления повреждений поршневых двигателей:
 а) автомобильного; б) комбайнового; в) тракторного 3-й категории; г) тракторного 4-й категории;
 о – δ для поршня с галерейным охлаждением; Δ – δ для поршня с струминным охлаждением; \square – суммарный наработка \bar{P}_{Σ}

З рис. 1,2 видно, що процес накопичення пошкоджень відбувається нерівномірно і мають місце режими, величина d_{fsj} / \tilde{P}_j на яких є значно меншою у порівнянні з іншими. Так для поршня автомобільного двигуна середня швидкість накопичення пошкоджень між перехідними процесами $j=1$ та $j=22$ відрізняється у 2800-4900 разів; для поршня комбайнового двигуна між процесами $j=1$ та $j=24$ – у 138-163 рази; для поршня тракторного двигуна 3-ї категорії між перехідними процесами $j=1$ та $j=16$ у 49-105 разів, для 4-ї категорії між цими процесами – у 21-50 разів. Важливо відмітити, що наробіток \tilde{P}_j за різними перехідними процесами є неоднаковий. Наприклад, для автомобільного двигуна найбільш і найменш тривалими є відповідно процеси $j=16$ та $j=12$. Наробіток на них дорівнює $\tilde{P}_{16}=0,127$, $\tilde{P}_{12}=0,02$, тобто відрізняється у 6 разів.

З урахуванням тривалості перехідних процесів на рис. 3,4 наведені абсолютні величини накопичених пошкоджень d_{fsj} . Видно, що внесок різних перехідних процесів у загальну величину накопичених пошкоджень $\sum_{j=1}^{j=n} d_{fsj}$ за ресурс $\sum_{j=1}^{j=n} \tilde{P}_j$ також є суттєво відмінним. Це означає, що частина не впливових режимів може бути відкинута практично без втрати точності результату.

Рисунок 5 відображає відносну величину пошкоджень δ , що накопичуються у перехідних процесах після k -го довільно обраного, та сукупний наробіток \tilde{P}_Σ у процесах від 1-го до k -го. Ці величини визначаємо за формулами:

$$\delta = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{j=k} d_{fsj}}{\sum_{j=1}^{j=n} d_{fsj}}, \quad \tilde{P}_\Sigma = \sum_{j=1}^{j=k} \tilde{P}_j.$$

За своєю суттю величина δ являє похибку розрахунку накопичених пошкоджень, пов'язану з відкиданням усіх перехідних процесів, що слідує після k -го. На рис. 5 вертикальною лінією позначено умову $\delta=0,05$. Праворуч від неї розташовані режими, якими можна знехтувати, прийнявши умову $\delta \leq 0,05$.

При цьому отримуємо відносно зменшення часу розрахунків $1 - \sum_{j=1}^{j=k} \tilde{P}_j$. Ця величина для автомобільного

двигуна складає близько 0,5 (рис. 5а), комбайнового – близько 0,3 (рис. 5б), тракторних двигунів 3-ї та 4-ї категорій – близько 0,15 (рис. 5 в, г).

Таким чином, встановлено можливість відкидання незначущих перехідних процесів нестационарних моделей навантаження двигунів машин різного технологічного призначення. Відкидання таких процесів може призвести до економії часу розрахунку від 15 до 50%. Це є суттєвим резервом підвищення економічності методу, що удосконалюється, зі збереженням достатньо високої точності результату оцінки ресурсної міцності поршня.

Подальший напрям робіт пов'язаний з розробкою методик отримання економічних моделей експлуатації до проведення поданих в роботі розрахунків ресурсної міцності.

Список літератури:

1. Багиров Д.Д. Двигатели внутреннего сгорания строительных и дорожных машин / Д.Д. Багиров, А.В. Златопольский. – М.: Машиностроение, 1974. – 220 с.
2. Луцицкий Ю.В. Эксплуатационный расход топлива и метод его определения / Ю.В. Луцицкий, А.Г. Косулин // Двигатели внутреннего сгорания: Респ. междувед. научный научн.-техн. сб. – 1985. – Вып. 41. – С. 96-104.
3. Ажиппо Н.А., Балюк Б.К. Прогнозирование долговечности подшипников скольжения тракторных двигателей на стадии их проектирования / Н.А. Ажиппо, Б.К. Балюк // Двигателестроение. – 1985. – №8. – С.17-20.
4. Пильов В.О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності / В.О. Пильов – Х.: НТУ „ХПИ”, 2001. – 332 с.
5. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия / И.В. Парсаданов – Х.: НТУ «ХПИ», 2003. – 244 с.
6. Поспишил Б. Прочность и долговечность элементов энергетического оборудования / Поспишил Б., Квитка А.Л., Третьяченко Г.Н. – К.: Наукова думка, 1987. – 216 с.
7. Процессы в перспективных дизелях [А.Ф. Шеховцов, Ф.И. Абрамчук, В.И. Крутов, А.П. Марченко и др.]; под ред. А.Ф. Шеховцова. – Харьков: Изд-во «Основа» при Харьк. ун-те, 1992. – 352 с.
8. Чайнов Н.Д. Оценка усталостной долговечности поршня транспортного дизеля при циклическом нагружении / Н.Д. Чайнов, А.В. Тимохин, А.Б. Иванченко // Двигателестроение. –1991. – №11. – С. 14-15.
9. Пылева Т.К. Разработка теоретических нестационарных моделей нагружения двигателей машин различного назначения / Т.К. Пылева, В.Т. Турчин // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – №1 – с.125-133.