

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ**

**На правах рукопису**

**Тіщенко Вадим Сергійович**

**УДК 629.424.3**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ  
НАВАНТАЖЕНЬ ТА ЗНОСІВ КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ  
ЛОКОМОТИВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Дисертація на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук

Науковий керівник

Мороз Володимир Ілліч

доктор технічних наук, професор

**Харків – 2010**

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП.....   | 4  |
| РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ<br>УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ<br>МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЛЕУ.....  | 11 |
| 1.1 Аналіз особливостей конструкції ЛЕУ локомотивного парку<br>Укрзалізниці.....   | 11 |
| 1.2 Виділення основних механізмів механічної системи локомотивної<br>енергетичної установки з V-подібними дизелями.....  | 16 |
| 1.3 Аналіз існуючих методів розрахунку характеристик функціонування<br>механізмів ЛЕУ.....   | 22 |
| 1.4 Висновки за розділом 1.....  | 31 |
| РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ<br>ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ<br>СИСТЕМИ ЛОКОМОТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ<br>УСТАНОВКИ 3 V-ПОДІБНИМ<br>ДВИГУНОМ..... | 32 |
| 2.1 Розробка структурно-функціональної схеми механічної системи<br>локомотивної енергетичної установки.....  | 32 |
| 2.2 Удосконалення методів розрахункових досліджень підсистеми<br>розподільного валу.....   | 47 |
| 2.2.1 Уточнений метод розрахунку кінематичних характеристик механізмів<br>газорозподілу.....   | 47 |
| 2.2.2 Розробка методики визначення кутових деформацій розподільного валу<br>від дії крутних моментів в перерізах паливних кулачків.....                              | 56 |
| 2.3 Удосконалення методів розрахунків в підсистемах циліндрових модулів<br>та колінчастого валу.....   | 61 |
| 2.3.1 Розробка уточненої методики дослідження кінематики ланок<br>циліндрових модулів V-подібних дизелів.....  | 61 |

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 2.3.2  | Удосконалення методу силового розрахунку елементів підсистеми циліндрових модулів.....                              | 70  |
| 2.3.3  | Формалізоване описання напружено-деформованого стану колінчастого валу V-подібного багатоциліндрового дизеля.....   | 77  |
| 2.4  | Висновки за розділом 2.....   | 91  |
| <b>РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЛЕУ З ДИЗЕЛЯМИ ТИПУ Д49.....</b> |   |     |
| 3.1  | Експериментальне дослідження експлуатаційних зносів колінчатих валів форсованих тепловозних дизелів 16 ЧН26/26..... | 92  |
| 3.2  | Розрахункове дослідження експлуатаційних характеристик механічної системи ЛЕУ з дизелем 16 ЧН 26/26.....            | 100 |
| 3.3  | Розробка рекомендацій з удосконалення конструкції механічної системи ЛЕУ з дизелями типу Д49.....                   | 124 |
| 3.4  | Розрахунок економічного ефекту від впровадження запропонованих технічних рішень.....                                | 128 |
| 3.5  | Висновки за розділом 3.....   | 130 |
| <b>ВИСНОВКИ.....</b>   |   |     |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>   |   |     |
| <b>ДОДАТКИ.....</b>  |   |     |

## ВСТУП

Необхідність здійснення значного обсягу вантажних і пасажирських перевезень відносить залізничний транспорт до однієї з найважливіших складових транспортної мережі України. Це визначає відповідні вимоги до забезпечення якості перевізного процесу, у задоволенні яких вагома роль відводиться вантажним та пасажирським тепловозам. [1].

З урахуванням повільних темпів оновлення тягового рухомого складу Укрзалізниці особливої актуальності набувають вирішення комплексу науково-практичних задач щодо підтримання наявного експлуатаційного парку тепловозів у працездатному стані. Така ситуація визначає необхідність розгортання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на забезпечення надійності та довговічності в експлуатації основних агрегатів тепловозів, головне місце серед яких належить локомотивним енергетичним установкам (ЛЕУ).

Досвід експлуатації тягового рухомого складу на мережах залізниць України вказує на те, що більшість відмов ЛЕУ тепловозів пов'язана з втратою працездатності модулів конструкції їх механічних систем (МС). Тому особливого значення при вирішенні вказаних задач набувають розрахунково-експериментальні дослідження з уточненого визначення експлуатаційних характеристик елементів конструкції МС локомотивних енергетичних установок, серед яких найбільш навантаженими є колінчаті вали (КВ).

### Актуальність теми дисертації

Проведені в Українській державній академії залізничного транспорту дослідження показали, що існуючі підходи до виконання розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів передбачають використання ряду спрощених методик, не ураховують взаємопов'язане функціонування модулів конструкції механічних систем ЛЕУ і не забезпечують потрібної точності результатів. Особливо це відноситься до V-

подібних ЛЕУ, якими обладнана більша частина вантажних і пасажирських тепловозів експлуатаційного парку Укрзалізниці.

Така ситуація обґрунтовує важливість проведення наукових досліджень, спрямованих на удосконалення методів розрахунку навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ і розробка на їх основі рекомендацій щодо забезпечення надійності та довговічності КВ в експлуатації.

Це визначає актуальність теми дисертаційної роботи.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами**

Тема дисертації відповідає Комплексній програмі оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки, затвердженої Наказом міністерства транспорту та зв'язку № 535 від 5 червня 2006 р. та погодженої Міністерством промислової політики і Державній програмі "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", що введена в дію Постановою №769 Кабінету Міністрів України від 2 червня 1998 р.

Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні планів держбюджетної теми: «Розробка нової концепції і методів удосконалення механічних систем локомотивних енергетичних установок з метою поліпшення експлуатаційних характеристик» (ДР 0107U000341).

### **Мета і задачі дослідження**

Метою дисертаційної роботи є вирішення науково-практичної задачі - поліпшення характеристик функціонування локомотивних енергетичних установок на основі використання удосконалених методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач, основними з яких є:

- аналіз особливостей конструкції ЛЕУ магістральних тепловозів інвентарного парку Укрзалізниці;
- розробка блочно-ієрархічного описання конструкції сучасних тепловозів;

- виділення основних систем ЛЕУ сучасних тепловозів;
- аналіз існуючих підходів і методів до розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ;
- розробка структурно-функціональної схеми механічної системи ЛЕУ з виділенням відповідних підсистем;
- удосконалення методик розрахунків кінематики ланок просторових механізмів газорозподілу і кутових деформацій розподільних валів в перерізах паливних кулачків;
- розробка уточнених методик дослідження кінематики і динаміки кривошипно-шатунних механізмів ЛЕУ для описання формування навантажень в підсистемі циліндрових модулів;
- розробка формалізованих описань для дослідження навантажено-деформованого стану колінчатих валів ЛЕУ;
- складання математичного забезпечення розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ;
- проведення експериментальних досліджень з визначення експлуатаційних зносів колінчатих валів ЛЕУ і обґрунтування доцільності використання розробленого математичного забезпечення;
- розрахункові дослідження з визначення експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів ЛЕУ з дизелями типу Д49 з різними рівнями форсування за середнім ефективним тиском;
- розробка технічних рішень з удосконалення конструкції механічних систем ЛЕУ з дизелями типу Д49 з метою зниження експлуатаційних зносів їх колінчатих валів;
- оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованих технічних рішень.

**Об'єкт дослідження** — процес поліпшення характеристик функціонування локомотивних енергетичних установок на основі удосконалених методів розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів.

**Предмет дослідження** – методи розрахунку експлуатаційних навантажень та зносів колінчатих валів локомотивних енергетичних установок.

### **Методи дослідження**

В дисертаційних дослідженнях використовувались такі методи: методи теорії конструкції локомотивів і теорії багаторівневих ієрархічних систем при розробці блочно-ієрархічного описання конструкції сучасного тепловозу, розробці структурно-функціональної схеми механічної системи ЛЕУ, методи теорії механізмів і машин при дослідженні кінематики просторових і плоских механізмів; методи динаміки та міцності машин в дослідженнях деформованого стану розподільного та колінчатого валів ЛЕУ; методи лінійної алгебри та математичного моделювання при розробці математичних описань і моделей; сучасні методи та засоби технічних вимірювань при проведенні експериментальних досліджень.

**Наукову новизну отриманих результатів** складають наведені нижче розробки:

#### ***Вперше:***

- запропоновано поняття механічної системи сучасної локомотивної енергетичної установки і розроблено її формалізоване описання;
- розроблені комплексні математичні описання для моделювання навантажено-деформованого стану розподільного валу від дії крутних моментів в перерізах кулачків приводу паливних насосів високого тиску в залежності від конструктивних параметрів та законів паливоподачі;
- запропоновані формалізовані описання формування навантажень в підсистемі циліндрових модулів, в яких враховується індикаторна діаграма і фазові відхилення протікання робочих процесів в кожному циліндрі;
- розроблено матричне описання і відповідна модель для визначення експлуатаційних навантажень, що діють на колінчатий вал.

#### ***Дістали подальшого розвитку:***

- методи розрахунку кінематичних характеристик ланок V-подібних кривошипно-шатунних механізмів та просторових механізмів приводу клапанів сучасних ЛЕУ;

- метод визначення податливості колінчатих валів ЛЕУ, що ураховує їх конструктивні особливості і діючі експлуатаційні навантаження.

**Практичне значення одержаних результатів** До основних практичних результатів дисертаційної роботи можна віднести:

- визначені особливості формування експлуатаційних навантажень і обґрунтовані перспективні напрямки зниження експлуатаційних зносів колінчатих валів ЛЕУ з дизелями типу Д49 при різних рівнях форсування за середнім ефективним тиском в циліндрах;

- запропонований варіант удосконаленої конструкції розподільного валу з патентозахищеними кулачками приводу клапанів локомотивних енергетичних установок з дизелями типу Д49.

Матеріали дисертаційної роботи доцільно використовувати для розрахунків експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів сучасних ЛЕУ, а також у навчальному процесі Української державної академії залізничного транспорту при підготовці бакалаврів, спеціалістів та магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту» (про що свідчать акти впровадження).

### **Особистий внесок здобувача**

Усі результати дисертаційної роботи отримано особисто автором або при його безпосередній участі. У працях, написані у співавторстві, здобувачеві належить:

[2] – результати дослідження особливостей формування навантажень колінчатих валів V-подібного тепловозного дизеля; [3] – уточнений метод силового розрахунку кривошипно-шатунного механізму V-подібного тепловозного дизеля; [4] – тягові характеристики локомотива, отримані на



основі результатів розрахунків крутного моменту ЛЕУ; [5] – математичне описання для моделювання формування крутних моментів у перерізах КВ V-подібного тепловозного дизеля; [6] – підхід до дослідження крутильних коливань колінчастих валів з використанням поняття про податливість; [7] – аналітичні залежності для розрахунків кінематики штовхача, що взаємодіє із запропонованим кулачком приводу клапанів; [8] – результати розрахункових досліджень експлуатаційних навантажень і зносів колінчатих валів сучасних ЛЕУ; [9] – узагальнений запис матриці циліндрових навантажень в перерізах колінчатих валів ЛЕУ з V-подібними дизелями.

**Апробація результатів дисертації.** Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 10 міжнародних науково-технічних конференціях:

- 15-й, 16-й і 17-й міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Україна, м. Харків, НТУ «ХП» 2007, 2008, 2009 р.р.);

- 67-й, 68-й, 69-й, 70-й, 71-й та 72-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту підприємств (Україна, м. Харків, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 рр.);

В повному обсязі матеріали дисертації доповідались на міжнародній науково-технічній конференції «Дни науки - 2009» (Чехія, м. Прага, 2009 р.) та об'єднаному засіданні кафедр «Механіка і проектування машин» і «Експлуатація та ремонт рухомого складу» за участю членів спеціалізованої вченої ради Д64.820.04.

**Публікації.** Результати дослідження опубліковані в 6 статтях у фахових виданнях, затверджених ВАК України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепция развития транспорта Украины на 1997 – 2010 гг. Министерство транспорта Украины. №2/21 – 3-1428 от 14.11.1997 г. – К. 1997. – 25 с.
2. Мороз, В.І., Формалізований опис інтегрованого навантаження колінчастого вала V- подібного транспортного дизеля. / В.І. Мороз, О.В.Братченко, В.В.Захарченко, В.С.Тіщенко. // Підвищення ефективності перевантажувальних, будівельних і колійних робіт на транспорті // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 73. – С. 113 – 118.
3. Мороз, В.І., Уточнена методика силового розрахунку кривошипно-шатунного механізму V-подібного тепловозного дизеля. / В.І.Мороз, О.В.Братченко, В.С.Тіщенко // Перспективи розвитку рухомого складу залізниць // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 76. – С. 157 – 164.
4. Мороз, В.І., Особливості математичного моделювання тягових характеристик дизель-поїзда ДР1А / В.І.Мороз, О.В.Братченко, В.С.Тіщенко, А.І.Біленький // Надійність рейкового рухомого складу // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 86. – С. 122 – 128.
5. Мороз, В.І., Математичне описання модульно-накопичувального формування крутних моментів багатоциліндрових V- подібних тепловозних дизелів. / В.І. Мороз, О.В.Братченко, В.С.Тіщенко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 88 – С.34 – 39.
6. Мороз, В.І., Математичне моделювання інтегральних деформацій колінчастого валу тепловозного V-подібного дизеля. / В.І.Мороз, В.С.Тіщенко, К.В. Астахова. // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 107. – С. 159 – 163.
7. Кулачок механізму газорозподілу: пат 90952 Україна МПК F01L 1/08 / Мороз В.І., Братченко О.В., Астахова К.В., Тіщенко В.С.; заявник та

власник Українська державна академія залізничного транспорту. - № а 200813509 Заявл. 24.11.08.; Опубл. 10.06.2010. Бюл. № 11 – 4 с.

8. Розробка нової концепції і методів удосконалення механічних систем локомотивних енергетичних установок з метою поліпшення експлуатаційних характеристик: звіт про НДР (заключний) / УкрДАЗТ. – № ДР 0107U000341. – К., 2008. – 106 с.

9. В.І.Мороз Узагальнена матриця циліндрових навантажень в перерізах колінчатих валів V-подібних тепловозних дизелів / В.І.Мороз, В.С.Тіщенко, О.В.Братченко // Materiály V mezinárodní vědecko-praktická konference “DNY VĚDY 2009” 27 března – 05 dubna 2009 roku. Díl 17. Technické vědy. Matematika.: - Praha, 2009. – S. 45 – 48.

10. Комплексна програма оновлення рухомого складу залізничного транспорту України на 2006 – 2010 роки /Том 1. – 2006. – 416 с.

11. Економіко-технічні та фінансові засади на етапі створення українських залізниць // Залізничний транспорт України. – 2006. - № 6. – С. 3-7.

12. Тартаковський Е.Д. Пріоритетні напрямки досліджень у галузі тягового рухомого складу/ Е.Д. Тартаковський // 36. наук, праць. - Харків; УкрДАЗТ, 2004. - Вип. 64. - С. 5 - 12.

13. Блохина, А.С., О тенденциях в развитии парка магистральных локомотивов в 2006-2010 гг / А.С. Блохина// Залізничний транспорт України. – 2007.

14. Локомотивне господарство українських залізниць: сьогодні і завтра // Залізничний транспорт України. - 2005. №1(46).-С. 53-54.

15. В.І. Мороз. Методологічний аспект формалізованого описання і оцінювання механічної досконалості конструкції транспортних технічних засобів. // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 64. – С. 31 – 38.

16. Мороз, В.І., Основи конструювання і САПР. / Мороз В.І., Братченко О.В., Ліньков В.В. // – Харків, ПП видавництва “Нове слово”, 2003. – 194 с.

17. Тепловоз М62. М.: «Транспорт», 1977. – 280 с.
18. Будённый М.М., Сергиенко Н.И. Новые двигатели Д-80 для тепловозов // Залізничний транспорт України. – 2001. - № 1. – С. 30-32.
19. Луганские тепловозы 1956-2006. Каталог – справочник. ОАО «ХК «Лугансктепловоз», 2006. 538 – с.
20. Филонов, С.П., Тепловоз 2ТЭ116. / С. П. Филонов, А. И. Гибалов, И. А. Черноусов и др. // М., «Транспорт», 1977, 320 с.
21. Филонов, С.П., Тепловоз 2ТЭ116 /С.П. Филонов, А.И. Гибалов, В.Е. Быковский и др. // 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1985. 328 с.
22. Тепловозы СССР. Отраслевой каталог. М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1988. – 172 с.
23. Луганские тепловозы. Каталог – справочник. «ВНЕШТОРГИЗДАТ», 1982.– 69 с.
24. Володин, Л.И., Локомотивные энергетические установки: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / Л.И. Володин, В.З. Зюбанов, В.Д.Кузьмич и др.; Под ред. А.И. Володина. // М.; ИПК «Желдориздат», 2002. —718 с.
25. Тищенко, В.С., Новий підхід до розрахункових досліджень механізмів локомотивної енергетичної установки з V-подібним дизелем. / В.С. Тищенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 86. – С. 122 – 128.
26. Кузьмич, В.Д., Тепловозы: Основы теории и конструкция: Учеб. для техникумов/ В.Д. Кузьмич, И.П. Бородулин, Э.А. Пахомов и др.; Под ред. В. Д. Кузьмича.—2-е изд., перераб. и доп.—М.: Транспорт, 1991.—352 с.
27. Дробинский, В.А., Как устроен и работает тепловоз. / В.А. Дробинский, П.М. Егунов — 3-е изд., перераб. и доп М.: Транспорт, 1980. 367 с.
28. Терских, В.П. Расчеты крутильных колебаний силовых установок. Справочное пособие. Том 1. [Текст]/ В.П. Терских – Ленинград: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной и судостроительной литературы, 1953. – 260 с.

29. Терских, В.П. Расчеты крутильных колебаний силовых установок. Справочное пособие. Том 2. [Текст]/ В.П. Терских – Ленинград: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной и судостроительной литературы, 1953. – 216 с.

30. Терских, В.П. Расчеты крутильных колебаний силовых установок. Справочное пособие. Том 3. [Текст]/ В.П. Терских – Ленинград: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной и судостроительной литературы, 1953. – 200 с.

31. Костин А.К., Пугачев Б.П., Кочинев Ю.Ю. Работа дизелей в условиях эксплуатации. Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1989. 285 с.

32. Истомина, П.А., Динамика судовых двигателей внутреннего сгорания / П.А.Истомин // – Ленинград "Судостроение", 1964. – 288с.

33. Чистяков В.К. Динамика поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания. Учебное пособие для машиностроительных ВУЗов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». — М.: Машиностроение, 1989. 256 с.

34. Авиационные поршневые двигатели. Кинематика, динамика и расчет на прочность. / Под ред. И.Ш. Неймана. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. – 870 с.

35. Дьяченко, Н.Х., Конструирование и расчет двигателей внутреннего сгорания: К65 Учебник для вузов / Н.Х. Дьяченко, Б.А. Харитонов, В.М. Петров и др.; Под ред. Н.Х. Дьяченко. // – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1979. – 392 с.

36. Серебренников, М.Г., Гармонический анализ. / М.Г. Серебренников // Государственное издательство технико-теоретической литературы. М. Л. 1948. – 488 с.

37. Тракторные дизели. Справочник. / Под ред. Б.А. Взорова. // – М.: Машиностроение, 1981. – 535 с.

38. Гогин А.Ф. и др. Судовые дизели: основы теории, устройство и эксплуатация. Учебник для речных училищ и техникумов водного транспорта. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Транспорт, 1988. 439 с.

39. Автомобильные двигатели. Под ред. М.С. Ховаха. М.: Машиностроение, 1977. 591 с.

40. Канаев, А.А., Конструкция, расчет и проектирование локомотивов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Локомотивостроение"/ А.А. Канаев, А.Г.Апанович, В.А.Канаев и др.; Под ред. А.А. Камаева. - М.: Машиностроение, 1981, 351 – с.

41. Ваншейдт, В.А., Дизели. / Под ред. В.А. Ваншейдта, Н.Н. Иванченко, Л.К. Коллерова. // – Ленинград: Машиностроение, 1977. – 480 с.

42. Симсон, А.Э., Тепловозные двигатели внутреннего сгорания / А.Э.Симсон, А.З.Хомич, А.А.Куриц и др. // – М.: Транспорт, 1987. –536 с.

43. Орлин, А.С., Двигатели внутреннего сгорания. / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. // – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.

44. Володин А.И., Локомотивные двигатели внутреннего сгорания. Издание второе, переработанное и дополненное/ А.И. Володин // М.: Транспорт, 1990. - 258 с.

45. Быков, В.Г., Пассажирский тепловоз ТЭП70 / В.Г. Быков, Б.Н. Морошкин, Г.Е. Серделевич, Ю.В. Хлебников, В.М. Ширяев. // – М.: Транспорт, 1976. – 232 с.

46. Вырубов, Д.Н., Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности “Двигатели внутреннего сгорания ” / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. // 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

47. Алексеев, В.П., Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей/ В.П.Алексеев, В.Ф.Воронин и др.; Под общ. ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. // М.: Машиностроение, 1990.- 288 с.

48. Авиационные и поршневые двигатели: кинематика, динамика и расчёт на прочность / под ред. Т.М. Мелькумова. – М.: Оборонгиз, 1950. – 870 с.
49. Дизель – генератор 19ДГ. Руководство по эксплуатации. Коломенский тепловозостроительный завод, 1971. – 430 с.
50. Грищенко, А.В., Электрические машины и преобразователи подвижного состава: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А. В. Грищенко, В. В. Стрекопытов. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 320 с
51. Геворкян, Ю.Л. Основы линейной алгебры и ее приложения в технике : учеб. / Ю.Л. Геворкян, А.Л. Григорьев. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. – 542 с.
52. Артоболевский, И.И. Механизмы в современной технике / 4 тома. / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1975.
53. Галкин, В.Г., Надежность тягового подвижного состава. / В.Г. Галкин, В.П. Парамзин, В.А. Четвергов – М.: Транспорт, 1981. 184 с.
54. Глаголев Н.М. Рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машгиз, 1950. - 500 с.
55. Мороз, В.И. Проектирование, моделирование и конструирование : учеб. пособие / В.И. Мороз, А.В. Братченко, Ю.Н. Юрченко. – Харьков: ХарГАЖТ, 1997. – 83 с.
56. Балюк, Б.К., Надёжность механизмов газораспределения быстроходных дизелей. / Б.К. Балюк, А.Е. Божко // – М.: Машиностроение, 1979. – 160 с.
57. Фролов, К.В. Теория механизмов и машин / К.В. Фролов. – М.: Высшая школа, 1987. – 496 с.
58. Кожевников, С.Н. Теория механизмов и машин / С.Н. Кожевников. – М.: Машиностроение, 1971. – 591 с.
59. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1988. – 640 с.

60. Артоболевский, И.И., Синтез плоских механизмов. / И.И. Артоболевский, Н.И. Левитский, С.А. Черкудинов // - М.: Изд. Физ. Мат. Лит., 1959. - 1084 с.
61. Тепловозные дизеля типа Д49 / Под ред. Е.А. Никитина. – М.: Транспорт, 1982. – 255 с.
62. Братченко, О.В., Використання методу проєкцій замкнутого векторного контуру для кінематичного аналізу складних механізмів ДВЗ / О.В. Братченко, Н.П. Карпенко, В.І Іщенко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – Вип.53. – 67 – 72 с.
63. Володин, А.И., Локомотивные двигатели внутреннего сгорания. / А.И. Володин // М.: Транспорт, 1978. - 239 с.
64. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1995. – 560 с.
65. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.
66. Смирнов А.Ф. и др. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1975. – 480 с.
67. Мороз, В.І., Методика визначення навантаження розподільного валу багатопциліндрового транспортного дизеля. / В.І.Мороз, В.В.Захарченко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 61. – С. 13 – 17.
68. Антропов, В.С., Проблемы улучшения технического состояния и использования локомотивного парка / В.С. Антропов // Локомотивы и локомотивное хозяйство. ЦНИИТЭИ МПС, 1984. 42 с.
69. Мороз, В.И., Моделирование интегральных отклонений фаз газораспределения тепловозного четырёхтактного дизеля. / В.И. Мороз А.В. Братченко // Міжвуз. Зб. Наук. Праць. – Вип. 34 / ХарДАЗТ, 1998. – С. 59-61.
70. Кореянюк, О.С. Теорія механізмів і машин / О.С. Кореянюк. – К.: Вища школа, 1987. – 206 с.
71. Киницький, Я.Т. Теорія механізмів і машин / Я.Т. Киницький. – К.: Наукова думка, 2002. – 660 с.



72. Левитский, Н.И. Теория механизмов и машин / Н.И. Левитский. – М.: Наука, 1979. - 576 с.
73. Левитская, О.Н. Курс теории механизмов и машин / О.Н. Левитская, Н.И. Левитский. – М.: Высшая школа, 1985. – 279 с.
74. Писаренко, Г.С., Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренко. // -К.: Вища школа, 1993. – 655 с.
75. Тимошенко С.П., Сопротивление материалов. / Тимошенко, С.П., // – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 380.
76. Тимошенко, С.П., Теория колебаний в инженерном деле. / Тимошенко, С.П., // Научно-техн. изд., 1982.
77. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. - М.: Машгиз, 1957. - 252 с.
78. Писаренко, Г.С., Справочник по сопротивлению материалов/ Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. - Киев: Наукова думка, 1988.- 736 с.
79. Фесик, С.П., Справочник по сопротивлению материалов/ Фесик С.П.- 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Будівельник, 1982.-280 с.
80. Шестаков, А.В., Расчет неразрезных балок: Учебное пособие. / А.В. Шестаков – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001. – 148 с.
81. Дмитренко, И.В. Особенности конструкции, эксплуатации и обслуживания дизелей типа Д49: Методическое пособие для студентов специальности 1507 ”Локомотивы” для всех форм обучения / И.В. Дмитренко. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2002. – 40 с.
82. Стеценко, Е.Г., Коленчатые валы тепловозных дизелів. / Е.Г. Стеценко, Ю.Н. Конарев // М. Транспорт, 1985. – 112 с.
83. Меркулов В.В. Возможные неисправности тепловоза 2ТЭ116 /Локомотив. – 1997. – № 4. – С. 18–22.

84. Собенин, Л.А., Устройство и ремонт тепловозов: Учебник для нач. проф. образования /Л.А.Собенин, В.И.Бахолдин, О.В.Зинченко, А. А. Воробьев. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 416 с.

85. Рахматулин, М.Д., Ремонт тепловозов. Изд. 3-е, перераб. и доп. / М.Д. Рахматулин // М, «Транспорт», 1977. 447 с.

86. Исследование состояния ремонтного фонда дизелей типа Д49, подлежащих капитальному ремонту. Часть 1. Износы и дефекты коленчатого вала и блока дизеля 1А-5Д49. Проектно-конструкторско-технологическое бюро по ремонту локомотивов. Полтава, 1989. – 23 с.

87. Исследование состояния ремонтного фонда дизелей типа Д49, подлежащих капитальному ремонту. Часть 5. Привод распределительного вала. Лоток распределительного вала. Распределительный вал. Антивибратор маятниковый и демпфер вязкостный. Водяной насос. Проектно-конструкторско-технологическое бюро по ремонту локомотивов. Полтава, 1990. – 71 с.

88. Исследование состояния ремонтного фонда тепловозов 2ТЭ116 поступивших в капитальный ремонт. Этап 2. Износы и дефекты коленчатого вала и блока дизеля 1А-5Д49. Проектно-конструкторско-технологическое бюро по ремонту локомотивов. Полтава, 1994. – 27 с.

89. Геращенко, В.В., Стенд для обкатки та випробування ДВЗ. / В.В. Геращенко, В.В. Куприянчик // – Двигунобудування, № 9, 1989. – С.18-19.

90. Добрынин, Л. Н., Результаты испытаний тепловоза 2ТЭ121. / Л.Н. Добрынин // Всесоюзный научно-исследовательский тепловозный институт. Труды института выпуск 62. Под редакцией канд. , Коломна, 1985. – 210 с.

91. Рахматулин, М.Д., Технология ремонта тепловозов: Учебник для вузов. / М.Д. Рахматуллин // — М.: Транспорт, 1983. 319 с.

92. Федотов Г.Б., Левин Г.И. Топливные системы тепловозных дизелей. Ремонт, испытания, совершенствование. / Г.Б. Федотов, Г.И. Левин // М.: Транспорт, 1983, 192 с.

93. Полетаев, В.А., Технология механической обработки коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания. / В.А. Полетаев, Д.И. Волков // М.: Машиностроение, 2002. – 240 с.

94. Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.

95. Левитский, Н.И., Колебания в механизмах. / Н.И. Левитский // - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1988. - 336 с.

96. Иванов, В.П., Технология ремонта тепловозов: Учебник для техникумов ж.-д. трансп./В. П. Иванов, И. Н. Вожаев, Ю. И. Дьяков, А. Я. Углинский; Под ред. В. П. Иванова. // 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Транспорт, 1987. 336 с.

97. Совершенствование дизелей типа Д49. Никитин Е.А., Ширяев В.М., Быков В.Г. Двигателестроение, 1983, № 5. С. 3-6.

98. Тепловозные двигатели типа Д49. Е.А. Никитин, В.М. Ширяев, В.Г. Быков и др. Под ред. Е.А. Никитина. М.: Транспорт, 1982. 255 с.

99. Володин А.И., Фофанов Г.А. Топливная экономичность силовых установок тепловозов. - М.: Транспорт, 1979. - 126 с.

100. Мороз В.И. Методика оптимизации профиля кулачка по коэффициенту полноты диаграммы подъёма толкателя // Теория механизмов и машин. - Харьков: Вища школа, 1986. - Вып. 40. - С. 86-90.

101. Мороз В.И. Методика профилирования кулачка с ограничением радиуса кривизны вогнутого участка для механизма газораспределения двигателя // В кн.: Двигатели внутреннего сгорания. - Харьков: Вища школа, 1986. - Вып. 44. - С. 109-112.

102. Мороз В.И., Богомазов Е.В., Суранов А.В., Братченко А.В. Исследование влияния различных законов движения клапана на показатели четырёхтактного дизеля. – Деп. в ЦНИИТЭИтяжмаш, № 347тм. – Харьков. 1989. – 9 с.

103. Мороз, В.И., Оценка резервов улучшения топливной экономичности дизеля за счёт повышения эффективности механизма газораспределения. / В.И. Мороз, А.В. Братченко // – Деп. в ЦНИИТЭИтяжмаш, № 346тм. – Харьков. 1989. – 11 с.

104. Панченко С.И. Локомотивное хозяйство: Пособие по дипломному проектированию : учеб. пособие / С.И. Панченко. – М.: Транспорт, 1988. – 192 с.

105. Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте / ВНИИЖТ МПС. – М.: Транспорт, 1991. – 239 с.

106. Толкачёв, А.В. Расчёты норм расхода энергии на перевозочную работу локомотивов методом расчленения А.В. Толкачёв //Тр. ТашИИТа. 1972. Вып. 100. 43 54.

107. Совершенствование нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов на предприятиях промышленного транспорта. М: Транспорт, 1988.-80 с.