

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**Венгер Дмитро Іванович**

УКД 629.424.4: 621.335-833

**УДОСКОНАЛЕННЯ  
РЕОСТАТНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЕПЛОВОЗІВ  
В УМОВАХ ДЕПО**

05.22.07 – "Рухомий склад залізниць та тяга поїздів"

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків 1999

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі "Експлуатація та ремонт рухомого складу" Харківської державної академії залізничного транспорту.

Міністерства транспорту України.

**Науковий керівник** - доктор технічних наук, професор Головка Владислав Федорович, завідувач кафедри "Вагони" Харківської державної академії залізничного транспорту.

**Офіційні опоненти:**

- доктор технічних наук, професор Кудряш Анатолій Петрович, завідувач відділу Інституту проблем машинобудування НАН України, м.Харків.

- кандидат технічних наук Єресько Володимир Пантелійович, заступник головного конструктора ВО "Завод ім. Малишева" м.Харків.

**Провідна установа** - Харківський державний політехнічний університет, кафедра "Локомотивобудування", Міністерства освіти України м.Харків.

Захист відбудеться "24 " червня 1999 року о 13-00 годині, в аудиторії конф.залі на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04. при Харківській Державній академії залізничного транспорту за адресою: Україна, 310050, м.Харків-50, пл. Фейєрбаха 7. З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Харківської Державної академії залізничного транспорту.

Автореферат розісланий "20 " травня 1999 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Запара В.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### Актуальність.

Державна програма поліпшення роботи залізничного транспорту передбачає реструктуризацію локомотивних депо, де однією із задач ставиться виконання заводських видів ремонту в умовах депо. Невід'ємною частиною підвищення експлуатаційної надійності локомотивів та покращення якості виконання ремонтів є обкатка основного та допоміжного обладнання після ремонту.

Проведення обкатки дизель-генераторної установки (ДГУ) тепловоза сумісно з допоміжним механічним обладнанням наближає даний процес до реальних експлуатаційних умов.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню основних закономірностей обкатки основного та допоміжного обладнання тепловоза при проведенні реостатних випробовувань в умовах депо, взаємного впливу степені обкатки дизеля та допоміжних агрегатів, визначенню раціональної тривалості проведення реостатних випробовувань і контролю стану припрацювання пар тертя деталей та вузлів. Комплексне дослідження особливості обкатки агрегатів безпосередньо на тепловозі дає можливість призначати відповідні режими навантаження при обкатці в процесі проведення реостатних випробовувань, що підвищить експлуатаційну надійність тепловозів за рахунок якісного припрацювання пар тертя і в подальшому сприйняття ними експлуатаційних навантажень. Крім цього, скорочення тривалості обкатки за рахунок раціональних режимів навантаження дозволить зекономити кошти та паливо для проведення реостатних випробовувань.

Дослідження особливості обкатки дизель-генераторних установок тепловозів в умовах заводських стендів проводилось раніше, але в умовах обкатки на локомотиві разом з допоміжним механічним обладнанням не досліджувалось.

Враховуючи вимоги Державної програми по підвищенню надійності та ефективності роботи залізничного транспорту і необхідності в умовах депо проводити види ремонтів по об'єму наближених до заводських, а також недостатнє дослідження цієї проблеми, тему дисертації можна кваліфікувати як актуальну, яка направлена на вирішення значної науково-технічної задачі.

Раціонально вибрані режими та навантаження при обкатці дозволяють не тільки покращити припрацювання поверхонь тертя, що сприяє підвищенню надійності та довговічності, а й змінити тривалість обкатки та її рівень навантаження.

Програма обкаточних випробовувань значно відрізняється від заводської для ідентичних серій тепловозів, що ремонтуються в умовах депо. Основною причиною такого положення є невідосконалена технологія, відсутність єдиної науково-обгрунтованої методики визначення тривалості та режимів обкатки дизель-генераторної установки і допоміжних агрегатів при проведенні реостатних випробовувань в умовах депо.

**Мета та основні задачі дослідження.** Мета роботи - дослідження та обгрунтування раціональних режимів обкатки ДГУ в умовах депо, що дасть змогу

покращити технічний стан тепловозного парку залізниць України шляхом вдосконалення реостатних випробовувань на основі вибору тривалості та раціонального рівня навантаження, яке визначається ефективною потужністю або крутильним моментом.

Для досягнення поставленої мети в роботі використовувався комплексний метод дослідження, що включає в себе:

- аналіз закономірностей протікання процесу припрацювання;
- теоретичні основи для розробки математичної моделі розрахунку потужності механічних втрат вузлів тертя основного та допоміжного обладнання тепловозів при проведенні обкатки;
- методику визначення закономірностей зміни навантаження та крутильного моменту в процесі обкатки;
- визначення раціональної тривалості обкатки та ступінь припрацювання пар тертя;
- встановлення основних закономірностей впливу показників обкатки допоміжного обладнання на стан припрацювання дизеля при проведенні реостатних випробовувань тепловозів в умовах депо;
- оцінку степені припрацювання пар тертя в процесі експлуатаційних режимів навантаження;
- аналіз основних засобів та методів контролю припрацювання пар тертя.

Порівняння ефективності режимів серійної та розробленої програми реостатних випробовувань в умовах депо проводилось за допомогою співставлення техніко-економічних показників стендової заводської обкатки дизеля і обкатки, що проводилась безпосередньо на тепловозі, з допоміжним обладнанням, в умовах депо, а також контролю стану пар тертя в експлуатаційний період використання локомотивів.

**Методи дослідження.** Матеріали досліджень опрацьовувались за допомогою методів математичної статистики, теорії ймовірності, згладжування емпіричних даних, метода малих відхилень, визначення критеріїв подібності процесів. Теоретичні розрахунки проводились на персональних комп'ютерах.

**Наукова новизна роботи** полягає в розробленні:

- узагальненої методики визначення тривалості обкатки дизеля та допоміжного механічного обладнання тепловозів при проведенні реостатних випробовувань в умовах депо за основу якої прийнято визначення величини потужності механічних втрат при дотриманні необхідних закономірностей зміни навантаження та частоти обертання в період обкатки безпосередньо на тепловозі;
- методики визначення потужності механічних втрат тепловозного дизеля, в залежності від величини шорсткості шийок колінчатого валу;
- методики аналізу впливу основних закономірностей степені обкатки допоміжного механічного обладнання на тривалість обкатки дизеля безпосередньо на тепловозі та узагальнення тривалості проведення реостатних випробовувань в умовах локомотивного депо.

**Практичне значення** результатів дослідження полягає в підтвердженні можливості в умовах депо, при відсутності стаціонарного спеціалізованого стенду для обкатки дизель-генераторної установки, виконувати обкатку основного та допоміжного обладнання в процесі реостатних випробовувань, контролювати тривалість їх проведення, визначати раціональні режими навантаження, що особливого значення набуває при проведенні заводських видів ремонту в умовах депо.

**Рівень реалізації роботи.** Дана робота виконувалась на замовлення Служби локомотивного господарства Львівської залізниці. Дослідження проводились в локомотивному депо Львів-Захід Львівської залізниці, на серії тепловозів 2М62 та 2М62У. Над експериментальною партією локомотивів проводились реостатні випробовування по серійній програмі та опробовувалась прискорена програма після проведення ремонту. За цими ж локомотивами встановлений нагляд за станом припрацювання вузлів тертя основного та допоміжного обладнання тепловозів в процесі експлуатації.

**Апробація роботи.** Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались на:

- науково-технічних конференціях та семінарах ХарДАЗТ, Харків 1996-1998 рр;
- технічних нарадах Служби локомотивного господарства Львівської залізниці 1997-1998 рр;
- нарадах локомотивного депо Львів-Захід Львівської залізниці.

Повністю дисертаційну роботу було докладено на розширеному засіданні кафедри ЕРРС 1998 р.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано п'ять друкованих робіт.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота викладена на 130 сторінках машинописного тексту, складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та додатку, вміщує 30 рисунків, 23 таблиці і бібліографії 86 найменувань вітчизняних та 3 найменувань зарубіжних авторів.

## **ЗМІСТ РОБОТИ**

**Вступ.** У вступі обгрунтовано необхідність проведення та вдосконалення реостатних випробовувань тепловозів в умовах депо, вказано, що раціонально проведена обкатка створює необхідні структурні властивості поверхонь тертя для сприйняття номінального навантаження, забезпечує оптимальний початковий знос, сприяє загальному зменшенню зношення в експлуатації при мінімальній затраті часу на обкатку, значно підвищує експлуатаційну надійність локомотивного парку залізниць, чого вимагає Державна програма реструктуризації та підвищення ефективності залізничного транспорту України.

**В першому розділі** дисертації приведені основні закономірності протікання процесу припрацювання пар тертя, відзначено, що з точки зору макрогеометрії процес припрацювання закінчується тоді, коли при зношуванні перестане зростати

приріст площі контакту. Період припрацювання, як небажане явище, необхідно скорочувати за рахунок призначення таких режимів по частоті обертання, тривалості та навантаженню, які б в мінімальний час призвели до повного припрацювання пар тертя.

Розглянуті критерії припрацювання, котрі можна подати як зміну деяких показників до порівняно стабільних значень по відношенню до часу, наприклад чистота поверхні Ra, потужність механічних втрат N, угар мастила Gm, пропуск газів Vr, пускова частота обертів колінчатого валу n, зазор в з'єднанні пар тертя  $\delta$  та ряд інших.

Проаналізовано основні фактори, що впливають на режими обкатки. Відзначено, що раціональний варіант режиму обкатки повинен задовільняти вимоги найменшого первинного зносу деталей тертя, мінімальних затрат часу та засобів.

Згідно робіт Малозємова Н.А. перевага віддається змінному швидкісному режиму навантаження.

Із гідродинамічної теорії слідує, що мінімальна товщина масляної плівки для нормальної роботи пар тертя в з'єднанні "шийка вала-підшипник" повинна бути

$$h_{\min} = \frac{d^2 n \eta}{18,36 N S c}$$

де d - діаметр шийки вала, м;

$\eta$  - абсолютна в'язкість мастила, нс/м;

n - частота обертання, с-1;

P - навантаження на шийку вала, Н;

S - діаметральний зазор, м.

$$c = \frac{d + l}{l}$$

Як відзначає Казанцев В.І., збільшення P і n може не тільки не збільшити

відношення  $\eta \frac{n}{N}$ , але навіть зменшити, що призведе до різкого зростання температури з'єднання  $t=f(n^2)$  і зниження  $h_{\min}$  до небезпечних меж, зменшення частоти обертання n може привести до сухого тертя, а малі значення P при високих обертах призводять до надмірного згладжування поверхонь тертя.

Буше Н.А. вказує, що загальна навантажувальна властивість з'єднання гзга характеризується мінімальним тиском сприйняття навантаження контурною поверхнею контакту, тому для проведення правильної обкатки тепловозного дизеля необхідно забезпечити приріст навантаження від режиму до режиму з дотриманням умови  $\Delta P_{i+1} < \Delta P_i$ , а зміна відносного приросту до режиму крутильного моменту від навантаження  $\Delta M_k / \Delta M_{ki} = f(P)$  повинна проходити по гіперболоїчній залежності.

Значний вклад в розробку методик припрацювання двигунів в процесі обкатки внесли Л.М.Гаєнко, В.А.Владіміров, Е.М.Мухін.

Стосовно тепловозних дизелів процес зношення та припрацювання досліджували Н.А.Буше, В.В.Чанін, Н.А.Малозємов, А.М.Тарасов, даним питанням займались Б.П.Соколов, Г.А.Фофанов, хоча на теперішній час питання обкатки та

деталей ДГУ і допоміжного механічного обладнання тепловозів безпосередньо на локомотиві в умовах депо, взаємний вплив обкатки одного виду обладнання на інший, тривалість та закінчення обкатки обладнання на тепловозі вивчено недостатньо.

Відзначено, що недооцінка та складність проблеми обкатки дизелів та допоміжного механічного обладнання безпосередньо на тепловозі в умовах депо, на сьогоднішній день, обумовлена відставанням виробничого процесу від всезростаючих вимог до підвищення працездатності та надійності тепловозів, особливо в період їх експлуатації після деповських видів ремонту.

Незважаючи на окремі позитивні результати більшість дослідників прийшли до висновку, що використання під час обкатки присадок до мастил неактивних речовин із складною будовою, тільки зміщує по часу процес припрацювання і створює видимість завершення припрацювання, а після заміни мастила з присадками на сорта, що використовуються в експлуатації, проходить повторне припрацювання.

Технологія і якість деповського ремонту відрізняється від заводського, тому обкатка тепловозних дизелів в умовах депо має ряд особливостей:

- по-перше, проводиться сумісно із допоміжним обладнанням тепловоза;
- по-друге, це суттєво ускладнює контроль за ходом обкатки;
- по-третє, на даний час відсутні методики проведення обкаток на реостатних установках в умовах депо.

Задачі дисертаційної роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні залежності якості припрацювання пар тертя від швидкісного та навантажувального режимів, розробці методики реостатних випробувань дизеля тепловозу після капітального ремонту в депо сумісно з допоміжним обладнанням, розробці методів контролю якості обкатки.

**В другому розділі** подається розробка математичної моделі режимів обкатки тепловозних дизелів в умовах депо. Оцінка існуючих методів визначення режимів обкатки дизеля показує, що всі вони розроблені для обкатки на спеціальному стенді без допоміжного обладнання.

При визначенні потужності механічних втрат розрахунковим методом, тривалість припрацювання пар тертя визначається аналітичним шляхом на основі епюр зношення.

При  $b_1 = b_n H_0 t q \alpha$  закінчується тривалість періоду припрацювання, де  $b_1$  - зношення в з'єднанні в процесі макроприпрацювання;  
 $b_n$  - величина припрацьованого зносу;  
 $\alpha$  - кут відхилення вертикальної поверхні;  
 $H_0$  - ділянка зношення.

Особливої уваги по визначенню механічних втрат методом співставлення індикаторної та ефективної потужностей, так само як і методом виключення циліндра не приділяється із-за складності та неефективності використання в умовах депо на реостатній установці.

Найбільш простим для використання в умовах депо пропонується застосовувати визначення потужності механічних втрат методом прокрутки непрацюючого дизеля від стороннього джерела

$$N_{mv} = IV\eta_e$$

де I - величина струму, А;

V - напруга, В;

$\eta_e$  - ККД електродвигуна.

Визначення потужності механічних втрат при цьому визначається за формулою:

$$N_{mv} = N_{pr} - (N_{nv.pr} + N_{nv.nav}) - N_{tp}$$

де  $N_{pr}$  - потужність, що затрачається на прокрутку двигуна;

$N_{nv.pr}$  - потужність насосних втрат при прокрутці;

$N_{nv.nav}$  - потужність насосних втрат при роботі під навантаженням;

$N_{tp}$  - потужність теплових втрат.

Одним із способів контролю степені припрацювання деталей дизеля розглядається метод спектрального аналізу картерного мастила.

Концентрація продуктів зношення в мастилі по В.В.Чанкіну визначається за формулою:

$$K = K_0 e^{-\frac{q_f + q_g}{Q_0} t} + \frac{q}{q_f + q_y} (1 - e^{-\frac{q_f + q_y}{Q_0} t})$$

де  $Q_0$  і  $K_0$  - початкова кількість мастила (кг) та концентрація продуктів зношення (кг/кг);

$q_f$  - інтенсивність фільтрації мастила, кг/год;

$q_y$  - інтенсивність угару мастила, кг/год;

t - тривалість роботи дизеля, год.

При тривалій роботі мастила в двигуні, постійному інтенсивному очищенні та його витраті, швидкість зношення двигуна характеризується концентрацією продуктів зношення в мастилі.

Відповідно, стабілізація цих значень або зменшення їх по часу є признаком закінчення припрацювання на режимі, що досліджується.

Запропонована математична модель по визначенню механічних втрат в двигуні враховує сумарні механічні втрати допоміжного обладнання, поскільки його обкатка в умовах депо відбувається сумісно з допоміжним механічним обладнанням, що забезпечує функціонування не тільки ДГУ, але і тепловоза в цілому. Увесь двигун розбивається на певні групи тертя, такі як привід газорозподільчого механізму; паливних насосів високого тиску; водяного насосу, масляного насосу, нагнітача і т.д.

де N – потужності відповідно клапанного механізму, наливних насосів високого тиску, насосних ходів, водяного насосу, масляного насосу, вентиляційних втрат, нагнітача, підшипників ковзання, поршньових кілець, гальмівного компресора, гідромуфти вентилятора, редукторів, вентиляторів охолодження тягових двигунів, електричних машин.

Розрахунки потужності механічних втрат для кожної групи тертя основного та допоміжного механічного обладнання тепловоза проводились окремо з врахуванням особливості їх роботи на тепловозі.

Визначення потужності тертя механічних втрат підшипників колінчатого валу велось із врахуванням шорсткості шийок колінчатого валу.



В основу методики визначення потужності тертя покладено метод гідродинамічного розрахунку підшипників колінчатого валу ЕУ з використанням диференціального рівняння Рейнольдса, яке, стосовно до циліндрично нестационарно навантаженого підшипника, записується в наступному вигляді

$$K = K_0 e^{-\frac{q_f + q_g}{Q_0} t} + \frac{q}{q_f + q_y} (1 - e^{-\frac{q_f + q_y}{Q_0}})$$

де  $K$  – радіус підшипника;  $t$  – відносний ексцентриситет валу підшипнику;

$Q_0$  – середня, в межах робочої зони, зміна динамічна в'язкість мастила;

$S_0$  – відносний зазор між валом і підшипником;

$\omega_e$  – еквівалентна кутова частота, яка враховує вплив на несучу властивість обертаючого валу, корпус підшипника і ліній центрів з кутовими частотами, швидкість зміни відносного ексцентриситета.

**Третій розділ** присвячено розробці методів випробування дизелів після ремонту.

Для розробки оптимальних режимів реостатних випробувань проводилось дослідження динаміки припрацювання дизеля типу 14Д40 при обкатці в умовах депо на основі використання різноманітних методів випробування.

Враховуючи рекомендації вище зазначених дослідників, було проведено аналіз режимів навантаження обкатки по серійній програмі, визначено, що приріст потужності навантаження здійснюється ступенево і практично не зменшується по мірі її зростання. На основі графо-аналітичного аналізу були зроблені раціональні режими навантаження при обкатці на реостаті по прискореній програмі. Графічно порівнювались характеристики зміни відносних приростів потужності по серійній та прискореній програмі.

Одночасно проводилась розробка раціональних методів обкатки допоміжного механічного обладнання при проведенні реостатних випробувань в умовах депо на основі розроблених програм обкатки компресорів та допоміжного механічного обладнання на Полтавському турбомеханічному заводі та досліджень, що проводились в тепловозній лабораторії ХарДАЗТ в стендових умовах.

Для достовірності оцінки зміни повної потужності дизеля та допоміжних агрегатів тепловоза, як в період експлуатації, так і при проведенні реостатних випробувань, на основі методики ВО "Луганськтепловоз" розроблена номограма впливу температури палива, та параметрів навколишнього середовища на повну потужність ДГУ тепловоза 2М62.

Оцінка впливу різноманітних факторів на проведення реостатних випробувань тепловозів в умовах депо проводилась також за допомогою метода малих відхилень, що давало можливість привести основні параметри робочого процесу, отриманих в різний час і при різноманітних атмосферних умовах та стану рівня регулюючих систем до ідентичних умов роботи.

**Четвертий розділ** присвячений експериментальному дослідженню проведення випробувань по визначенню степені припрацювання дизеля та допоміжних агрегатів при проведенні реостатних випробувань тепловозів в умовах депо по серійній та прискореній програмі.

Контроль стану вузлів тертя, тобто закінчення припрацювання на кожному запропонованому режимі проводилось по наступних параметрах:

- стабілізації витрати палива, визначеної ваговим методом;
- стабілізації концентрації продуктів зношення в картерному мастилі, на основі проведення спектрального аналізу мастила;
- стабілізації потужності механічних втрат на привід основного та допоміжного механічного обладнання тепловозів методом прокрутки від стороннього джерела при непрацюючому дизелі.

В окремих випадках контроль стану припрацювання деталей тертя дизеля контролювався методом двійного "вибігу".

При визначенні витрати палива по закінченні випробовувань для визначення нормального розподілу оцінювалось математичне сподівання дисперсії та середньоквадратичне відхилення, що стосовно даної задачі мають вигляд:

$$m_{b_c} \rightarrow \bar{B}_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N B_{c_i}$$
$$\sigma_{b_c}^2 \rightarrow S_{b_c}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (B_{c_i} - \bar{B}_c)^2$$
$$\sigma_{b_c} \rightarrow S_{b_c} = \pm \sqrt{S_{b_c}^2}$$

де  $N$  - число замірів витрати палива;

$B_{c_i}$  - годинна витрата палива при  $i$ -тому замірі.

Проведена статистична обробка результатів обкаточних випробовувань дозволяє зробити висновок про стабілізацію витрати палива, котра складає 241,6 г/кВт год в межах довірчого інтервалу + 5,36 г/кВт год при 95% довірчої ймовірності.

Результати спектрального аналізу картерного мастила дизелів експериментальних тепловозів, що проходили випробовування по скороченій програмі показав, що припрацювання основних поверхонь пар тертя відбувалось більш інтенсивно і рівномірно, ніж при обкатці, що проводились по серійній програмі.

Перед початком випробовувань та після них для визначення степені припрацювання циліндро-поршнєвої групи проводився вимір щільності даної групи методикою, що розроблена в ХарДАЗТ.

Отримані результати щільності показали, що до обкатки двигуна вони значно менші, ніж заміряні після обкатки.

Взаємний стан припрацювання основного та допоміжного механічного обладнання безпосередньо на тепловозі визначався також методом прокрутки непрацюючого дизеля від стороннього джерела на основі стабілізації механічних втрат. Джерелом струму для прокручування служить АвтоДІН потужністю 500 кВт.

Припрацювання деталей допоміжного механічного обладнання контролювалось двоступенево по результатах стендової обкатки згідно програм, запропонованих кафедрою "ЕРРС" ХарДАЗТ та Полтавським турбомеханічним заводом, при стендових випробуваннях.

Потужність, що споживається компресором (аналогічно іншими агрегатами) визначається через крутильний момент:

Величина крутильного моменту визначається за допомогою тензування привідних валів агрегатів за формулою:

$$M_{kr} = h \cdot K_m \cdot \Psi_T$$

де  $h$  - відхилення променя від нульової лінії на осцилограмі, мм;

$K_m$  - масштаб запису;

$\Psi_T$  - коефіцієнт, що враховує зміну тензочутливості датчика в залежності від температури.

Результати реостатних випробовувань по серійній та прискореній програмі вказують на те, що серійна програма більш тривала і на деяких режимах відсутній процес припрацювання.

Прискорена програма забезпечує більш інтенсивне і рівномірне припрацювання в порівнянні із серійною програмою. Огляд дизелів (через люки картера та продувочні вікна) показав, що всі вони мале хороше припрацювання поршньових кілець та втулок циліндра. Викидів мастила у повітряний ресивер не спостерігалось. Параметри дизелів відповідали встановленим при випуску із деповського ремонту.

Результати зміни потужності механічних втрат на привід основного та допоміжного механічного обладнання тепловоза, обкатка котрих проводилась по серійній та прискореній програмах (див. рисунок 1, рисунок 2 ), показують, що стабілізація або незначна зміна механічних втрат при обкатці по прискореній програмі проходить на 2 год. раніше, ніж при обкатці по серійній програмі.

Для оцінки зміни повної потужності дизеля і допоміжних агрегатів в період експлуатаційної обкатки проводилось дослідження зміни сумарних механічних втрат дизеля та допоміжного механічного обладнання.

В зоні 40000-50000 км пробігу сумарні механічні втрати зменшились на 20-35 кВт. Таким чином на даному етапі настає процес стабілізації припрацювання деталей тертя.

По результатам проведених експериментальних дослідженнях рекомендується прискорена методика контролю тривалості реостатних випробовувань в умовах депо, яка базується на контролі зміни сумарного значення потужності механічних втрат основного та допоміжного механічного обладнання тепловоза.

**В додатку** приведено розрахунок економічного ефекту при використанні прискореної програми реостатних випробовувань в умовах депо, режими навантаження ДГУ тепловоза 2М62 при проведенні реостатних випробовувань по серійній та прискореній програмі, результати практичного застосування результатів дисертаційної роботи в локомотивному депо Львів-Захід Львівської залізниці.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Враховуючи відсутність методики проведення реостатних випробувань тепловозів після капітального ремонту в депо проведені дослідження дали змогу вирішити проблему обкаточних випробувань тепловоза на реостаті.
2. Вперше розроблена методика та проведені обкаточні реостатні випробування сумісно дизеля і допоміжного обладнання при проведенні деповського капітального ремонту тепловозів.

3. Розроблені теоретичні основи математичної моделі по визначенню потужності механічних витрат дизеля та допоміжного механічного обладнання тепловозів.
4. Запропонована методика проведення обкаточних випробовувань дизеля тепловоза на реостатній установці в депо, яка відмінна від стендових випробувань.
5. На базі стендових випробувань розроблено методику обкаточних випробувань допоміжного обладнання тепловоза на реостатній установці депо, яка впровадженна в технологічний процес ремонту тепловозів.
6. Розроблена програма обкаточних випробувань тепловоза після капітального ремонту, проведеного в депо, яка відповідає вимогам сучасних понять процесу припрацювання пар тертя, тривалість якої скорочена на дві години.
7. В результаті аналізу випробувань визначений метод найбільш надійного контролю якості протікання процесів припарцювання пар тертя, яким є метод прокрутки колінчатого валу дизеля від стороннього джерела енергії.
8. Аналіз точності і адекватності розрахунків за допомогою математичної моделі та результатів експериментальних випробувань показав, що похибка на перевищує вісім відсотків.
9. Експлуатаційні дослідження підтвердили, що стабілізація процесу припарцювання пар тертя настає після пробігу 40000-50000 км, ефективна потужність дизеля зростає при цьому на 20-35 кВт.

По даній дисертаційній роботі опубліковано п'ять статей.

1. Головка В.Ф., Венгер Д.І. Вдосконалення обкаточних випробовувань ДГУ типу 14Д-40. // Міжвуз. зб. наукових пр. - Харків: ХарДАЗТ - вип. 31. 1997. – С. 51-54.
2. Головка В.Ф., Венгер Д.І. Удосконалення методики реостатних випробовувань дизелів в умовах депо. // Міжвуз. зб. наукових пр. - Харків: ХарДАЗТ - вип. 34. 1998. – С. 39-43.
3. Венгер Д.І. Вплив навантажуючих та швидкісних характеристик на якість припрацювання пар тертя. // Міжвуз. зб. наук. пр. - Харків: ХарДАЗТ - вип. 31. 1997. – С. 54-55.
4. Венгер Д.І. Дослідження експлуатаційних режимів роботи тепловозів 2М62. // Межвуз. сб. науч. тр. - Харьков: ХарГАЖТ - вип. 34. 1998. – С. 83-85.
5. Головка В.Ф., Венгер Д.І. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів. // Информационно-управленческие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. № 1 – С. 72-74.

**Особистий внесок в надруковані роботи у співавторстві.** Основні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. В публікаціях, опублікованих в співавторстві вклад автора такий: [1], [2] – запропонована розробка математичної моделі та проведені розрахунки, [5] – підбірка матеріалів.

#### **АНОТАЦІЯ**

Венгер Д.І. Вдосконалення реостатних випробовувань тепловозів в умовах депо. Дисертаційна робота на здобуття наукової степені кандидата технічних наук по спеціальності 05.22. 07 - " Рухомий склад та тяга поїздів. Харківська Державна академія залізничного транспорту, Харків, 1999 р.

Робота присвячена дослідженню основних закономірностей обкатки основного та допоміжного обладнання тепловоза при проведенні реостатних випробовувань в умовах депо, взаємовпливу степені обкатки дизеля та допоміжних агрегатів, визначенню оптимальної тривалості проведення реостатних випробовувань і контролю стану припрацювання деталей та вузлів.

Запропонована математична модель по визначенню механічних втрат в двигуні, враховує сумарні механічні втрати допоміжного обладнання, поскільки його обкатка в умовах депо відбувається сумісно, що забезпечує функціонування не тільки ДГУ, але і тепловоза в цілому.

Розглянуто комплексний підхід контролю стану припрацювання вузлів тертя по стабілізації основних параметрів і показників.

Для оцінки зміни повної потужності дизеля і допоміжних агрегатів в період експлуатаційної обкатки проводилось дослідження зміни сумарних механічних втрат дизеля та допоміжного механічного обладнання.

Ключові слова: експлуатаційний, метод, експеримент, розрахунки, параметр, обкатка, реостатні.

## АННОТАЦІЯ

Венгер Д.И. "Совершенствование реостатных испытаний те тепловозов в условиях депо".

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - " Подвижной состав железных дорог и тяга поездов". Харьковская Государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 1999 г.

Работа посвящена исследованию основных закономерностей обкатки основного и вспомогательного оборудования тепловозов при проведении реостатных испытаний в условиях депо, взаимного влияния степени обкатки дизеля и вспомогательных агрегатов, определению оптимальной продолжительности испытаний и контролю приработки пар трения деталей и узлов.

На данный момент вопрос обкатки деталей ДГУ и вспомогательного механического оборудования тепловозов непосредственно на локомотивах в условиях депо изучено недостаточно. Сложность проблемы обусловлена отставанием производственного процесса ремонта локомотивов от всевозрастающих требований к повышению надежности локомотивов в период их эксплуатации после деповских видов ремонта.

Предложенная математическая модель по определению механических потерь в двигателе, учитывает сумарные механические потери вспомогательного оборудования, поскольку его обкатка в условиях депо осуществляется совместно со вспомогательным оборудованием, что обеспечивает функционирование не только ДГУ, но и тепловоза в целом. Весь двигатель разбит на определенные группы трения, такие как привод газораспределительного механизма, топливные насосы высокого давления, водяные насосы, масляные насосы и т.д.

Расчеты мощности механических потерь для каждой группы трения основного и вспомогательного механического оборудования тепловоза проводились отдельно.

Руководствуясь рекомендациями исследователей, что ранее занимались вопросом обкатки двигателей внутреннего сгорания, был произведен анализ режимов

нагрузки по серийной программе. Отмечено, что прирост мощности нагружения осуществляется ступенчато и практически не уменьшается по мере ее возрастания. На основании графо-аналитического анализа были разработаны рациональные режимы нагружения при обкатке при ускоренной программе.

Одновременно проводилась разработка рациональных программ обкатки основного механического оборудования в условиях депо на основании инструкционных указаний и разработанных программ обкатки компрессоров и вспомогательного механического оборудования на Полтавском турбомеханическом заводе и исследований, которые проводились в тепловозной лаборатории ХарГАЖТ.

Для достоверности оценки изменения полной мощности дизеля и вспомогательных агрегатов тепловозов, как в период эксплуатации, так и при проведении реостатных испытаний, на основании методики ПО "Лугансктепловоз" разработана номограмма влияния температуры топлива и параметров окружающей среды на полную мощность ДГУ тепловоза.

Контроль состояния узлов трения и момент окончания приработки на каждом предложенном режиме полной и ускоренной программы проводился по следующим параметрах:

- стабилизации расхода топлива;
- стабилизации концентрации продуктов износа в картерном масле, на основании проведения спектрального анализа масла;
- стабилизации мощности механических потерь на привод основного и вспомогательного механического оборудования тепловоза методом прокрутки от постороннего источника при неработающем дизеле.

Для определения состояния приработки дизеля и вспомогательного оборудования через определенный километраж пробега проводилась оценка изменения мощности дизеля и вспомогательных агрегатов в период эксплуатационной обкатки.

В результате произведенного экспериментального исследования режимов проведения реостатных испытаний по серийной и ускоренной программе, указано, что ускоренная программа обеспечивает более интенсивную и равномерную приработку узлов и деталей тепловозов по сравнению с серийной программой.

Ключевые слова: эксплуатационный, метод, эксперимент, расчеты, параметр, обкатка, реостатные.

## ANNOTATION

D.I. Wenger. The Improvement of the Rheostat Test of Diesel Locomotives in the Depot Conditions.

The thesis on getting a degree of a Master of Sciences on 05.22.07 " The Rolling Stock and Train Traction " speciality. The Kharkov State Academy of Railway Transport. Kharkov, 1999.

The main objective laws of rolling of the main and subsidiary equipment of diesel locomotive when conducting the rheostat tests in the depot conditions, the influence of the rolling and subsidiary units degree, rational durability determination of conducting the

rheostat tests and the checking of rolling conduction of the part and knots have been investigated in the thesis.

The proposed mathematical model concerning the mechanical losses determination in the engine takes into account the total subsidiary equipment mechanical losses because it running in takes place compatibly, that ensures the functioning not only the diesel - generator installation, but the diesel locomotives as well.

The combined approach to the control of the condition of friction knots fixing on the stabilization of full expense, the concentration of tear and wear products in engine oil and the mechanical losses capacity on the drive of the main and subsidiary equipment of the diesel locomotives by the turning from the outside non-working diesel method.

The investigation of the change of the diesel total mechanical losses and subsidiary mechanical equipment have been conducted with the aim of evaluation of diesel and subsidiary units full capacity.

Key words: operational, method, experiment, calculation, parameter, load control, proof load.