

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет "Транспортна інженерія"

Кафедра "Управління та експлуатація рухомого складу"

"ДО ЗАХИСТУ"

Зав. кафедрою  Борис БОДНАР

"15" 01 2026 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи *магістра*

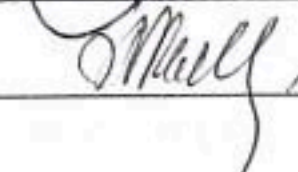
на тему: "Удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок"

за освітньою програмою: "Локомотиви та локомотивне господарство"
зі спеціальності 273 "Залізничний транспорт"
галузі знань 27 "Транспорт"

ВИКОНАВ: СТУДЕНТ ГРУПИ ЛГ2426

 _____ Артем КУЗНЕЦОВ

Керівник  _____ Дмитро КИСЛИЙ

Нормоконтролер  _____ Людмила КОЛОДІЙ

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент  _____

Дніпро, 2026

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Faculty *“Transport engineering”*

Department *“Management and Operation of Rolling Stock”*

EXPLANATORY NOTE
to Master’s Thesis

master

on the topic: **“Improving the technology of testing power plants”**

according to educational curriculum: *“Locomotives and Locomotive Economy”*
in the Speciality 273 *“Railway transport”*
field of knowledge 27 *“Transport”*

Done by the student of the group **LG2426:**

Artem KUZNETSOV

Scientific Supervisor: Dmytro KYSLYY

Normative controller: Liudmyla KOLODII

Dnipro, 2026

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: *«Транспортна інженерія»*

Кафедра: *«Управління та експлуатація рухомого складу»*

Рівень вищої освіти: *другий (магістерський)*

Освітня програма: *«Локомотиви та локомотивне господарство»*

Спеціальність: *273 «Залізничний транспорт»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедрою _____ Борис БОДНАР

« ____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістра

студенту групи ЛГ2426

Кузнецову Артему Михайловичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок
Керівник роботи: Кислий Дмитро Миколайович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від «02» жовтня 2025 р. №1402ст
2. Строк подання студентом роботи: «11» січня 2026 р.
3. Вихідні дані до роботи: потужність випробувального стенда – 556 кВт;
номінальна частота обертання – $23,3 \text{ с}^{-1}$; кількість циліндрів дизеля – 6; діаметр циліндра – 210 мм; хід поршня – 210 мм.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):
 - 4.1 Огляд та аналіз технології випробувань силових енергетичних установок
 - 4.2 Огляд обладнання для випробування тепловозного дизеля
 - 4.3 Удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок

5. Перелік графічного матеріалу:

- 5.1 Вплив параметрів зовнішнього середовища на працездатність і ефективність використання дизельних локомотивів
- 5.2 Розташування підсистем і комплекту датчиків стану ДГУ на тепловозі
- 5.3 Загальний вигляд стенду для випробувань
- 5.4 Загальний вигляд гідравлічної схеми стенду
- 5.5 Теоретична характеристика гідрогальма
- 5.6 Електро-механічна схема відбору потужності СЕУ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Обсяг розділу, %
1	Огляд та аналіз технології випробувань силових енергетичних установок	16.11.2025	30
2	Огляд обладнання для випробування тепловозного дизеля	14.12.2025	30
3	Удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок	11.01.2026	40
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	11.01.2026	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	20.01.2026	

Студент _____ Артем КУЗНЕЦОВ

Керівник роботи _____ Дмитро КИСЛИЙ

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок» загальним обсягом 74 аркуші розрахунково-пояснювальної записки, яка складається з 3 розділів. Робота містить 10 ілюстрацій, 7 таблиць та список літературних джерел з 15 найменувань.

У рамках даної магістерської роботи об'єктом дослідження є процес випробувань силових енергетичних установок тепловозів. Предметом дослідження – методи та засоби діагностики їх технічного стану. Теоретичною основою роботи слугують положення теорії дизелебудування та технічної діагностики. Метою магістерської роботи є удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок тепловозів шляхом розробки методики та комплексу для динамічного тестування та діагностики окремих параметрів їх роботи.

Сучасна методика випробування тепловозних дизелів після ремонту є комплексною системою, яка ґрунтується на використанні спеціалізованого обладнання для зняття широкого спектру параметрів, що дозволяє не лише оцінити основні техніко-економічні показники, але й проаналізувати робочий процес, стан механічних сполучень та спрогнозувати ресурс шляхом вивчення як усталених, так і перехідних режимів, регульовальних, навантажувальних та інших характеристик, що в цілому забезпечує глибоке діагностування та об'єктивну оцінку працездатності двигуна.

Проведена робота з удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок дозволила розробити та обґрунтувати структуру випробувального стенду на основі детального термодинамічного розрахунку робочого циклу дизеля, результатом якого стало визначення його ефективної потужності та ключових параметрів: індикаторного, ефективного ККД, питомої витрати палива. На підставі отриманої потужності було обґрунтовано вибір навантажувального обладнання – двох електродвигунів постійного струму, а також розроблено повноцінні регламенти для проведення холодної та гарячої обкатки, а також представницьких випробувань з детально прописаними режимами, часом та переліком контрольованих параметрів з заданою точністю, що в цілому забезпечує комплексну методику для динамічного тестування та діагностики установок.

Ключовими словами в магістерській роботі виступають: випробування дизельних двигунів, тепловозні силові установки, комплексна система випробувань, післяремонтна діагностика, стендові випробування, випробувальний стенд, система автоматизації.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАНЬ СИЛОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	8
1.1 Огляд видів випробувань силових енергетичних установок	8
1.2 Перевірка роботи дизеля і систем	21
2 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ	23
2.1 Методи та обладнання для випробування тепловозного дизеля	23
2.2 Аналіз методики випробувань тепловозного дизеля	26
2.3 Будова, призначення, технічні характеристики та умови роботи випробувального стенду	33
2.4 Навантажувальний пристрій випробувального стенда.....	36
2.5 Методика визначення потужності дизеля непрямим способом.....	48
3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАНЬ СИЛОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	52
3.1 Розрахунок параметрів силової енергетичної установки.....	52
3.3 Розрахунок обладнання для випробувань	61
3.4 Проведення випробувань	63
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	71

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
<i>Розроб.</i>		<i>Кизнецов</i>			<i>Удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок</i>	Літ.	Арк.	Акрушіє
<i>Перевір.</i>		<i>Кислий</i>				Н	5	73
<i>Реценз.</i>						<i>УДУНТ, гр. ЛГ2426</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Колодій</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Баднар</i>						

ВСТУП

Ефективність та надійність тепловоза як основного тягового засобу на неелектрифікованих ділянках залізниць визначається, перш за все, працездатністю його серцевини – силової енергетичної установки (СЕУ). Цей складний комплекс, що об'єднує дизельний двигун, тяговий генератор, систему передачі та допоміжне обладнання, працює в екстремальних умовах змінних навантажень, що неминуче призводить до зношування вузлів, зниження економічних показників та ризику відмов. У сучасних умовах, коли вимоги до енергоефективності, екологічності та безперервності перевезень постійно зростають, забезпечення стабільної роботи СЕУ виходить на перший план як ключова технологічна задача експлуатації та ремонту.

Існуюча технологія випробувань силових установок тепловозів після ремонту або для діагностики їх технічного стану часто базується на традиційних, переважно інтегральних, методах контролю. Такі методи, хоч і дають загальну оцінку потужності та паливної економічності, не завжди дозволяють своєчасно виявити приховані дефекти окремих підсистем, такі як нерівномірність подачі палива по циліндрах, падіння ефективності турбонаддуву або порушення характеристик тягового генератора. Це обмежує можливість прогнозування залишкового ресурсу та проведення цілеспрямованого профілактичного ремонту, що в підсумку впливає на збільшення експлуатаційних витрат і простоїв рухомого складу.

Актуальність даної роботи полягає в необхідності розробки та впровадження удосконалених технологій випробувань, спрямованих на поглиблену, поелементну діагностику СЕУ. Така технологія має ґрунтуватися на комплексному використанні сучасних засобів вимірювань, автоматизованого збору даних та їх комп'ютерного аналізу, що дозволить перейти від констатуючого контролю до системи технічного діагностування з прогнозом стану.

Метою магістерської роботи є удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок тепловозів шляхом розробки методики та

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

програмно-апаратного комплексу для динамічного тестування та діагностики окремих параметрів їх роботи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати існуючі методи та стенди для випробувань СЕУ тепловозів;
- дослідити характерні дефекти та параметри, що лімітують надійність силових установок;
- розробити структурну схему та методику комплексного динамічного тестування;
- обґрунтувати вибір засобів вимірювань та створити алгоритм обробки даних;
- оцінити ефективність запропонованого рішення.

Об'єктом дослідження є процес випробувань силових енергетичних установок тепловозів. Предметом дослідження – методи та засоби діагностики їх технічного стану. Теоретичною основою роботи слугують положення теорії локомотивної тяги, дизелебудування та технічної діагностики.

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАНЬ СИЛОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

1.1 Огляд видів випробувань силових енергетичних установок

Дизельний двигун в якості енергетичної силової установки є найбільш відповідальним і найменш надійним вузлом транспортного засобу. Тому достовірне і своєчасне визначення його технічного стану являється актуальним завданням. Випробування дизелів служать одним з головних засобів перевірки якості виготовлення окремих деталей складальних одиниць, вузлів і двигуна в цілому, правильності його монтажу, відповідності основних характеристик дизеля вимогам, передбаченим діючими умовами. Випробування також, крім правильної, надійної та економічної експлуатації, дають матеріал для удосконалення конструкції і робочого процесу двигуна.

Випробування дизелів проводять на стендах заводу-виробника і стендах ремонтних заводів після їх капітальних ремонтів.

Дизелі нових моделей і модифікацій піддають попередніми (заводським) і приймальним випробуванням з наступним пред'явленням їх приймальній комісії. Ремонтні дизелі випробовують у відповідності до затверджених правил ремонту тепловозів, на яких вони встановлені. При виборі методу діагностики дизельних двигунів традиційно розглядаються кілька підходів заснованих на аналізі робочого процесу. Програма випробувань:

- науково-дослідні випробування проводять під час наукових досліджень для вивчення деяких окремих властивостей двигунів;
- доводочні випробування проводять в процесі розробки двигуна для оцінки впливу внесених до нього змін з ціллю досягнення необхідних параметрів;
- граничні випробування проводять з метою визначення залежності між граничними значеннями параметрів двигунів і режимів експлуатації;
- періодичні випробування проводять для визначення впливу умов роботи на зміну параметрів двигуна з метою коригування параметрів;
- приймальні, приймально-здавальні і представницькі випробування

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

проводяться при відповідних умовах з метою встановлення відповідності основних параметрів двигуна вимогам ДСТУ. Зміст періодичних, приймальних, приймально-здавальних і пред'явницьких випробувань регламентовано ДСТУ.

Обробка, оформлення та оцінка результатів випробувань проводиться з урахуванням приведення параметрів двигунів до стандартних атмосферних умов. Ними вважаються:

- атмосферний тиск 101,3 кПа;
- температура навколишнього повітря 20°C;
- відносна вологість повітря 50 %;
- температура палива 20°C;
- густина палива 0,83 г/см³ при 20°C.

На рис. 1.1 показано вплив параметрів зовнішнього середовища на працездатність і ефективність використання дизельних локомотивів.

Також використовується тепловозоремонтній практиці реостатні випробування. Реостатні випробування тепловоза ведуться на типових водяних реостатних установках, що забезпечують реалізацію максимальної потужності дизель-генератора, роботу у всіх точках зовнішньої характеристики тягового генератора, можливість вимірювання необхідних параметрів для налаштування дизеля і електричної схеми. Така установка розташовується поблизу ділянки залізничного шляху, на якому встановлюють відремонтований тепловоз для випробування. Пластини кожної групи мають електричне з'єднання. Різноміненні пластини надійно ізолювані один від одного. Дотримання постійної полярності оберігає пластини реостата від руйнування електролізом. На заводі реостатні випробування тепловоза дозволяють перевірити якість монтажу взаємопов'язаних складових частин його обладнання, відрегулювати і довести електричну схему для отримання необхідних потужних характеристик тягового генератора при одночасній перевірці роботи дизель-генераторної і холодильної установок та інших складальних одиниць, розміщених на рамі тепловоза. На реостатних випробуваннях проводиться обкатка, доведення, регулювання дизель-генераторної установки під навантаженням, регулювання і доведення електричної

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

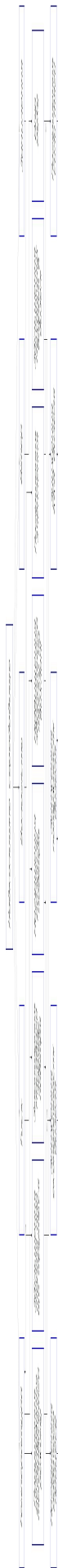


Рисунок 1.1 – Вплив параметрів зовнішнього середовища на працездатність і ефективність використання дизельних
ЛОКОМОТИВІВ

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

схеми з одночасною перевіркою якості монтажу та роботи всіх складальних одиниць, розміщених на рамі тепловоза.

1.1.1 Обкатувальні випробування

Заводську обкатку проводять для приробітки тертьових поверхонь. Перед початком обкатки дизель заправляють свіжим маслом до верхньої мітки щупа. Обкатні випробування проходить кожен дизель і складаються вони з двох етапів:

– обкатні випробування після складання, перед здавальними випробуваннями;

– обкатні випробування після перебирання, перед контрольними випробуваннями. У процесі обкатних випробувань застосовують паливо, масло, воду, а також очищають повітря на всмоктуванні в повітряних фільтрах згідно з вимогами, що пред'являються при роботі на тепловозі. Обкатка і випробування для регулювання мають своєю метою припрацювання деталі і вузли, перевірити якість складання дизеля в цілому, остаточно відрегулювати дизель, виявити і усунути всі дефекти і перевірити основні робочі параметри дизеля.

Так для дизеля 211Д-2, що працює з гідروпередачею в умовах тепловоза, обкатку попередньо ведуть на холостому ходу. При роботі з електропередачею, як правило, обкатку проводять з неврегульованою електричної схемою управління навантаженням і регулятором, з неточною розбивкою частоти обертів по позиціях контролера. Тому обкатку суміщають з попереднім налаштуванням цих систем і виконують її на по нижніх частотах обертання колінчастого валу і навантаженні.

Припрацювання дизеля починають під час заводської холодної (якщо така передбачена заводською інструкцією) і гарячої стендових обкаток. При холодній обкатці, тобто при прокручуванні колінчастого вала дизеля від електродвигуна, потужність, споживана їм для подолання опору тертя, поступово знижується, а до кінця обкатки стабілізується. Існуючі рекомендації з вибору режимів гарячої обкатки засновані по даних практики, а також на методах з'ясування кількості продуктів зносу в маслі. Дизель обкатують поступово, тобто всю обкатку розбивають на ряд етапів, поступово східчасто збільшуючи частоти обертання та

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

навантаження. Тривалість роботи на кожному ступені визначають дослідним шляхом за вмістом заліза, свинцю і міді в олії, а також за зовнішніми параметрами дизеля, головним чином по витраті палива, температурі третювих деталей та ін. За результатами аналізу будують криві накопичення домішок, знаходять моменти перегину (стабілізації) кривих, закінчення обкатки на даних режимах.

Режими обкатних випробувань дизелів передбачають поступовий перехід від мінімальних частот обертання і навантажень до максимальних їх значень. При цьому тривалість роботи па малих навантаженнях і частотах обертання повинна бути не менше 50 % загальної тривалості обкатних випробувань. Перед виходом на повну потужність виконують підрегулювання кутів випередження подачі палива і потужності по циліндрах. У процесі гарячої обкатки дизеля регулятор повинен працювати стійко і допускати відхилення навантаження в межах ± 10 кВт. Температура випускних газів, води і масла, тиск масла і палива та інші параметри роботи дизеля повинні відповідати технічним умовам.

Після завершення обкатки необхідно:

- зняти форсунки і провести їх ревізію з оцінкою якості розпилю; підтягнути шпильки кріплення втулок циліндрів до кришок циліндрів і осей важелів кришки циліндра, перевірити одночасність відкриття клапанів і зазор па масло в гідро штовхач;
- перевірити кріплення випускних колекторів до кришок циліндрів і всіх вузлів, встановлених на дизелі;
- перевірити легкість переміщення механізму управління паливними насосами та їх рейок.

Такі ж режими обкатки встановлюють і після проведення ремонтів із заміною окремих деталей, що вимагають для своєї нормальної експлуатації підробітки. Але в цих випадках залежно від обсягу проведених ремонтних робіт і заміни деталей режим обкатки може бути скорочений.

Регулюванням встановлюють необхідні за технічним умовами фази паливоподачі і газорозподілу, забезпечують встановлені технічними вимогами оптимальні для даного типу дизелів параметри і показники робочого процесу:

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

потужність, частоту обертання колінчастого вала, витрати палива, максимальні тиску згоряння по циліндрах, тиск наддувочного повітря, температуру випускних газів по циліндрах, частоту обертання ротора турбокомпресора і т.д.

Регулювання дизеля закінчують, якщо його вихідні параметри відповідають вимогам інструкцій з експлуатації. На відрегульованому дизелі встановлюють загальну подачу палива на режимі повній потужності.

1.1.2 Здавальні випробування

Перевіряють роботу дизеля при випуску з заводу. Випробування можуть проводитися відділом технічного контролю заводу-виробника і для представника організації або замовника. Після установки дизеля на тепловоз проводять новий цикл випробувань (уже в комплексі з іншими агрегатами і системами тепловоза), який складається з реостатних і поїзних випробувань тепловоза.

Під час випробувань визначають значення основних параметрів, що характеризують роботу дизеля:

- ефективну потужність;
- частоту обертання колінчастого валу;
- витрата палива (часову і питому);
- максимальний тиск згоряння по циліндрах дизеля;
- тиск стиснення по циліндрах;
- температуру відпрацьованого газу на виході з циліндрів;
- тиск і температуру наддувочного повітря в повітряному ресивері;
- частоту обертання валу турбокомпресора;
- температуру і тиск газу до турбіни;
- тиск повітря до і після холодильника;
- температуру охолоджуючої води на вході і виході з дизеля;
- тиск охолоджувальної води перед дизелем;
- тиск масла в масляній системі до і після фільтрів;
- температуру масла на виході з дизеля;

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- розрідження в картері;
- тиск палива до і після фільтра тонкого очищення;
- температуру навколишнього середовища;
- барометричний тиск;
- мінімально стійку частоту обертання колінчастого вала па холостому ходу.

Крім того, проводять аналізи палива і масла, а при виконанні на заводі перевіряють систему пуску і автоматизації, вимірюють рівні шуму і вібрації, димність відпрацьованих газів. При проведенні стендових випробувань серійних дизелів і при випробуваннях на тепловозі число вимірів може бути скорочено. При спеціальних випробуваннях номенклатура вимірів може бути значно розширена. Аналіз відпрацьованих газів при стендових випробуваннях дизелів має значення лише в окремих випадках при спеціальних дослідженнях.

На кожному режимі випробування бажано проведення не менше трьох вимірів всіх контрольованих параметрів, причому початок вимірювань слід виробляти через 15-20 хв. після переходу на новий режим, тобто після стабілізації теплового режиму двигуна. При підрахунку результатів випробувань ефективна потужність дизеля і питома витрата палива при номінальній навантаженні повинні бути приведені до нормальних умов навколишнього середовища; температура навколишнього повітря; відносна вологість; температура охолоджуючої води на вході в охолоджувач надувного повітря. За результатами реостатних випробувань складають паспорт, в котрий заносять параметри, що відображають технічний стан дизеля і навколишнього середовища.

По закінченні здавальних випробувань на стенді дизель чистять та розбирають для огляду вузлів і деталей в обсязі, зазначеного технічними умовами. Зазвичай оглядають «на вибірку» частину поршнів, кілець, підшипників, а також окремі вузли, якщо в процесі випробування вони викликали сумнів у надійності роботи. Здавальні випробування не зараховують, якщо при перебиранні виявлена необхідність заміни однієї з головних деталей дизеля: колінчастого вала, шатуна, циліндрової втулки, поршня, повітродувки, вертикальної передачі, кулачкового

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

валу і ін. Якщо при перебиранні після здавальних випробувань проводилася виїмка окремих поршнів, необхідно знову обкатати дизель протягом 2–3 годин з тим, щоб мати повну впевненість у готовності дизеля до експлуатації після зробленої ревізії і повторної збірки.

Під час здавальних випробувань дозволяється одна зупинка дизеля тривалістю не більше 30 хв., після чого режим випробувань повторюється з того ж положення рукоятки контролера, на якому сталася зупинка.

Для контролю відповідності основних параметрів дизелів, що знаходяться у виробництві, вимогам технічних умов і стабільності якості виготовлення проводять періодичні випробування окремих зразків дизелів .

Крім цього, можуть бути й інші види випробувань дизелів, що проводяться на дослідних або спеціально виділених зразках двигунів. Так, наприклад, теплобалансові випробування проводять для отримання даних про розподіл теплоти, що вноситься в двигун, які необхідні для розрахунку допоміжних систем дизеля і вибору допоміжного обладнання (масляна система, система охолодження, водяний, масляний насоси тощо). Завданням спеціальних випробувань можуть бути перевірка пускових якостей двигуна і роботи регулятора, що в скороченому вигляді зазвичай входить у випробування кожного серійного двигуна, і перевірка двигуна на крутильні коливання, необхідна при кожній зміні типу установки двигуна (тобто зміні мас агрегатів, приєднаних до двигуну).

Спеціальні випробування можуть бути проведені для визначення моторесурсу двигуна, експлуатаційної витрати палива, перевірки властивостей різних палив, масел, надійності і зносостійкості окремих агрегатів двигуна, ремонтпридатності, дослідження особливостей робочого процесу і т.п.

1.1.3 Реостатні випробування

Реостатні випробування проводять для обкатки дизель-генератора після ремонту, перевірки параметрів роботи дизеля та проведення регулювання розподілу потужності по окремих циліндрах, налаштування електричної схеми тепловоза і випробувань інших його вузлів. Реостатні випробування проводять

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

після поточних ремонтів ПР-1, ТР-2, ТР-3, а також при виявленні під час експлуатації яких відхилень у роботі дизель-генератора. Вони необхідні також перед експлуатацією тепловоза в місцевості, навколишні умови якої різко відрізняються від умов регулювання його параметрів

Метою реостатного випробування є налагодження дизеля і електричної передачі для отримання необхідної потужності, перевірка правильності та надійності монтажу вузлів, роботи дизель-генератора, редукторів, компресора, пневматичної арматури, гальмівної та пісочної системи, повітряної системи, автоматики, електрообладнання, холодильної камери і інших механізмів і пристроїв тепловоза.

Робота ходових частин, тягових електродвигунів і тягової передачі при реостатних випробуваннях не може бути перевірена і перевіряється в процесі подальших пробігових випробувань, у зв'язку з чим, у виняткових випадках допускається проведення реостатних випробувань тепловоза, встановленого на тривісні технологічні візки. Реостатні випробування проводить спеціально підготовлений фахівець локомотивного депо за участю машиніста даного тепловоза. Всі дані, отримані в процесі реостатних випробувань тепловоза, оформляється актом реостатного випробування (за вимірюється параметрами) встановленого зразка, даний акт підтверджується підписом відповідальної особи за проведення реостатних випробувань і машиністом тепловоза. Акт підшивається в папку протоколів випробування тепловоза.

Реостатні випробування тепловозів поділяються на три цикли:

- обкатні реостатні випробування протягом чотирьох годин;
- здавальні реостатні випробування протягом трьох годин;
- контрольні реостатні випробування протягом від двох до трьох годин.

Обкатувальне реостатне випробування – забезпечує припрацювання деталей дизель-генератора, компресора, електричних машин і інших агрегатів, що входять до складу тепловоза. При обкатних випробуваннях проводиться остаточна регулювання параметрів дизеля і тягової передачі, а також усунення несправностей. У процесі обкатного реостатного випробування передбачені

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

короткочасні зупинки для перевірки стану окремих вузлів і проведення регулювань, дозволяється усунення дрібних несправностей, не вимагає розбирання вузлів і агрегатів тепловоза. Час, витрачений на регулювання й усунення виявлених несправностей, в обкатному час не входить.

Обкатку дизеля та інших агрегатів тепловоза під навантаженням виконують на режимах, зазначених згідно інструкції тепловоза. При цьому до початку випробувань необхідно встановити нормальний тепловий режим дизеля (вода і масла повинні мати температуру не нижче 40°C). Режими обкатних випробувань тепловоза ТЕМ2 наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Режим обкатувальних випробувань тепловоза ТЕМ2

Положення рукоятки контролера машиніста	Частота обертання колінчастого вала дизеля, об/хв.	Потужність на клеммах тягового генератора, кВт	Тривалість обкатного режиму, хв.
1	811 ± 15	25 ± 5	10
9	811 ± 15	85 ± 5	10
8	881 ± 11	130 ± 10	15
4	411 ± 11	230 ± 10	20
5	481 ± 11	350 ± 10	25
6	571 ± 11	490 ± 10	40
7	651 ± 11	620 ± 10	60
8	751 ± 5	737	60
Усього			941

На тепловозах ТЕМ2 мінімальна частота обертання колінчастого вала дизеля дорівнює 300 ± 15.

Після другого, п'ятого та сьомого положень рукоятки контролера обов'язкові зупинки дизеля для огляду третьових деталей, усунення помічених несправностей і регулювання. Час, що витрачається на усунення виявлених несправностей, в обкатному час не зараховується.

При обкатних випробуваннях повинні бути перевірені і відрегульовані

наступні параметри.

По дизелю та допоміжному устаткуванню:

- частота обертання колінчастого вала дизеля при нульовому і восьмому положенні рукоятки контролера;
- тиск стиснення по циліндрах при нульовому положенні рукоятки контролера;
- температура відпрацьованих газів по циліндрах при восьмому положенні рукоятки контролера;
- температура води і масла при восьмому положенні рукоятки контролера;
- тиск масла і палива при нульовому і восьмому положенні;
- тиск повітря в наддувочного колекторі при восьмому положенні;
- тиск спалаху по циліндрах при восьмому положенні;
- потужність дизеля при восьмому положенні рукоятки контролера;
- робота аварійної системи живлення дизеля паливом (час роботи дизеля на аварійному живленні п'яти хв.). При цьому потужність, що віддається дизель – генератором, повинна бути не менше 50 % від номінальної.

По електроустаткуванню:

- налаштування регулятора напруги на всіх положеннях рукоятки контролера;
- налаштування зовнішньої характеристики тягового генератора при восьмому положенні рукоятки контролера;
- регулювання вузла обмеження струму на восьмому положенні;
- регулювання реле переходу.

Здавальні реостатне випробування – проводиться за участю машиніста тепловоза і забезпечує працездатність всього силового обладнання тепловоза, повністю укомплектованого, відрегульованого і перевіреного на всіх режимах.

Під час приймально-здавального циклу випробувань не допускається:

- додаткове регулювання дизель-генератора і електроапаратури;
- зупинення дизель – генератора за винятком аварійних випадків.

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Якщо під час приймально-здавального циклу виявилася необхідність заміни деталей (циліндрові втулки , вкладиші підшипників колінчастого вала, поршні і їх кільця), або складальних одиниць, то випробування визнаються негативними і виробляється обов'язкові повторні випробування, тривалість яких залежить від характеру дефекту.

Контрольні реостатні випробування проводяться при:

- наявності записів машиністів у журналі технічного стану про наявність дефектів;
- систематичному перевитраті палива тепловозом;
- виїмці і розбирання окремих циліндрових комплектів;
- заміні колінчатого або розподільчого валів , кулачкового вала паливного насоса , заміні більше трьох паливних насосів високого тиску , регулятора дизеля , турбокомпресора;
- заміні: дизеля, тягового генератора, реле переходів, резисторів в ланцюзі котушок реле переходів;
- після поточних ремонтів ПР-1, ПР-2 проводяться разові випробування для перевірки і регулювання електропередачі.

При реостатних випробуваннях генератор навантажують зазвичай водяним реостатом. Потужність дизеля знаходять за значеннями струму і напруги. Основні параметри роботи дизель-генератора визначають при повною (номінальною) потужності, а також на інших характерних для експлуатації режимах. Однак обов'язковими режимами при випробуваннях є:

- холостий хід;
- мінімальне навантаження і 25, 50 і 75% номінальної потужності по тепловозною характеристиці;
- номінальна або повна потужність;
- мінімально стійка частота обертання колінчастого валу. Тривалість і режим обкатки кожного двигуна встановлюють дослідним шляхом залежно від рівня і стабільності технології виготовлення двигунів.

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

1.1.4 Поїзні випробування

Поїзні випробування проводять безпосередньо в умовах експлуатації. Після пробігу від будівлі не менше 5 тис. км тепловози піддають тягово-теплотехнічним випробуванням, які проводять науково–дослідні організації і завод-виготовлювач. У період експлуатаційних випробувань, що проводяться при пробігах до 150 тис. км, перевіряють надійність роботи агрегатів, вузлів і деталей, спостерігають за виконанням графіка руху поїздів, витратою палива.

Програма дослідних поїздок з визначення питомої витрати палива па тягу поїздів повинна передбачати перевірку його фактичної витрати з поїздами розрахункової маси, при діючих перегінних часи ходу, з кожною категорією складів по роду вантажів у трьох – п'яти досвідчених поїздках. Поїзні випробування зазвичай проводять із застосуванням динамометричного вагона, а перевірка теплотехнічного стану дизеля і тепловоза в цілому під час попередніх реостатних випробувань є основним питанням при підготовці до таких випробувань. Для тягово–експлуатаційних випробувань з локомотивного парку вибирають такий тепловоз, стан якого можливо ближче до середнього стану локомотивів в парку.

Дослідні поїздки з тепловозами без динамометричного вагона зазвичай проводять для перевірки часу ходу по перегонах, витрати палива, режимів ведення поїзда для уточнення режимних карт при їх розробці, який складають для забезпечення безпеки руху.

1.1.5 Науково-дослідні випробування

Науково-дослідні випробування різноманітні за своїм змістом і характером і служать для більш глибокого вивчення процесів, що відбуваються в дизелях, їх системах і агрегатах, особливостей роботи дизеля в різних умовах, впливу різних видів навантажень па деталі і вузли, для визначення складових теплового балансу дизеля, теплового та напруженого стану його деталей, механічних втрат і к.к.д.; рівнів шуму і вібрації, токсичності випускних газів і т.п. В останні роки все більшого поширення набувають випробування на безмоторних стендах з

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

використанням методів фізичного та математичного моделювання.

Дослідницькі випробування проводять як на заводах–виробниках, так і в лабораторіях наукових і навчальних закладів.

1.2 Перевірка роботи дизеля і систем

При роботі двигуна на режимі повної потужності температура води, що виходить з режиму двигуна, температура вихлопних газів по циліндрах і тиск спалаху по циліндрах двигуна повинні бути в межах зазначених нижче. Випробування тепловоза на режимі повної потужності виробляти не менше 30 хв. При реостатних випробуваннях перевіряються основні характеристики роботи дизеля і спрацьовування захисту (зупинку дизеля) при падінні тиску масла на виході в дизель до $1,5+0,1$ кгс/см².

До початку вимірів на дизелі потрібно встановити:

- нормальний тепловий режим;
- температура масла на виході з дизеля повинна бути 65-75°C;
- температура води на виходу з дизеля повинна бути 70-85°C;
- температура води і масла мінімально – допустимі для роботи під навантаженням (короткочасно не більше 20 хв.) – 40°C.

Після налаштування дизеля проводимо наступні перевірки:

- при роботі на повній потужності температура вихлопних газів за випускними клапанами по циліндрах не більше 470°C (різниця температура по циліндрах не повинна перевищувати 30°C).

– температура вихлопних газів перед турбіною (в колекторах) не більше 600°C;

– при роботі двигуна на повній потужності максимальний тиск згоряння P_z має бути не більше 70 кг/см² (нерівномірність максимальних тисків згоряння по циліндрах дизеля не повинна перевищувати 2 кг/см²);

– температура води на виходу з двигуна повинна бути не більше 88°C.
Нормальна температура води на експлуатаційних режимах 70-85°C;

– температура масла на виході з двигуна повинна бути не більше 80°C,

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

нормальна температура масла на експлуатаційних режимах 65-75°C;

– температура води, що охолоджує наддувочного повітря, повинна бути в межах 15-35°C при температурі зовнішнього повітря від -20°C до +20°C. При температурі зовнішнього повітря вище 20°C температура води, що охолоджує наддувочного повітря, може відповідно підвищуватися, але не перевищувати 55°C при температура зовнішнього повітря +40°C;

– тиск масла на сьомій опорі розподільного вала при мінімальних обертах дизеля 300 об/хв. повинно бути не менше 2 кг/см² (при температурі масла на виході з дизеля не менше 70°C);

– тиск палива має бути 1,8-3,0 кг/см²;

– при різкому перекладі штурвала контролера з вищих положень на нижчі і навпаки дизель не повинен зупинятися або йти в «рознос»;

– при знятті навантаження вимиканням тумблера «Управління машинами» на восьмій позиції контролера двигун повинен працювати стійко і не йти в «рознос»;

– при скиданні 100% навантаження штурвалом контролера закид оборотів не повинен викликати спрацьовування граничного вимикача (840-870 об/хв):

– обороти колінчастого валу дизеля при нульовій і восьмій позиціях штурвала контролера повинні бути 300±15 і 750±7,5 об/хв відповідно;

– при натисканні кнопок скидання на переносних пультах управління повинен відбутися скидання навантаження.

При роботі двигуна потрібно призвести наступні перевірки:

– перевірити трубопроводи водяної, масляної, паливної та повітряної систем. Протікання в місцях з'єднань, а також вібрація трубах не допускається;

– труби повинні бути надійно закріплені;

– перевірити обертання колеса повітря очищувача при перекладі компресора на роботу під навантаженням і вхолосту. При цьому необхідно переконатися, що масляна ванна наповнена дизельним маслом і сітки колеса повітря очищувача змащені. При зупиненому дизелі усунути всі виявлені несправності.

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ

2.1 Методи та обладнання для випробування тепловозного дизеля

Після ремонту локомотивів під час випробування застосовують певний ряд датчиків для зняття показників характеристик. Що дадуть чітке поняття про технічний стан будь якого вузла локомотива та визначити його працездатність.

Вимірювання ефективної потужності дизелів з гідродинамічної передачею роблять за допомогою гідравлічних або електричних гальм . Перевагою володіють електричні гальма в балансірному виконанні. Вони дозволяють прокручувати вал випробуваного дизеля, проводити холодне припрацювання його після складання, визначати втрати механічних опорів двигуна. Момент, що визначає навантаження двигуна, знаходять досить точно за допомогою вагового пристрою.

Значні перспективи має застосування автоматизованих стендів для випробувань тепловозних дизель-генераторів за програмою, що імітує реальні умови експлуатації.

Для дослідження експлуатаційних режимів роботи дизеля необхідно моделювати не тільки усталені , а й перехідні режими його роботи з обов'язковою реєстрацією робочих параметрів. Таку складну задачу в сучасних умовах можна вирішити тільки з використанням спеціальних вимірювальних комплексів, керованих за допомогою ЕОМ.

Дизель являє собою енергомеханічний об'єкт дослідження безперервної дії, який представляється у вигляді блокової, функціональної схеми.

Функціонування дизеля як енергетичного об'єкта залежить від якості робочого процесу в його циліндрах. Параметри, що характеризують робочий процес в циліндрі , прямо визначають функціональні параметри дизеля в цілому і побічно характеризують роботу агрегатів повітропостачання, паливної апаратури, гідравлічного опору газоповітряного тракту, водяний і масляної систем дизеля. Функціонування дизеля як механічної системи визначається параметрами, що характеризують стан пар тертя (циліндро-поршнева група, підшипники

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

колінчастого вала, клапанний механізм, вкладиші поршневих пальців і т.д.). Ці параметри до певної межі не впливають на техніко–економічні показники дизеля - вони пасивні. Однак саме граничні зноси в цих вузлах визначають моторесурс дизеля до ремонту і термін його служби. Величини зазорів в сполученнях визначають за даними аналізу віброактивності дизеля в процесі випробувань.

Параметри, реєстровані при проведенні випробувань дизелів, досить різноманітні. Апаратуру, необхідну для виміру зазначених параметрів дизель-генераторів, вибирають виходячи з точності таблиці 2.1), цілей випробувань і умов їх застосування.

Таблиця 2.1 – Параметри, що визначаються при приймально-здавальних випробуваннях дизель-генераторів тепловозів

Параметр	Позначення	Одиниця вимірювання	Допустима похибка, %
1	2	3	4
Ефективна потужність	N_e	кВт	$\pm 2,1$
Частота обертання	n	c^{-1}	$\pm 1,1$
Тиск стиснення в циліндрі	P_c	кПа	$\pm 3,1$
Максимальний тиск згоряння	P_z	кПа	$\pm 3,1$
Розрідження на всмоктуванні	ΔP_{bc}	Па	$\pm 1,6$
Тиск повітря на вході в дизель або турбокомпресор	P_0	кПа	$\pm 3,1$
Тиск повітря після охолоджувача	P_k	кПа	$\pm 3,1$
Перепад тиску повітря в повітряному охолоджувачі	ΔP	Па	$\pm 1,6$
Тиск мастильного масла	P_m	кПа	$\pm 2,5$
Тиск палива	P_T	кПа	$\pm 4,1$
Температура повітря на вході в дизель	T_0	$^{\circ}C$	$\pm 1,1$

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Температура надувного повітря після охолоджувача	T_B	°C	±4,1
Температура випускних газів на виході з циліндра	T_T	°C	±5,1
Температура випускних газів на вході в турбіну	T_i	°C	±5,1
Температура охолоджуючої води	T_B	°C	±4,1
Температура масла	T_M	°C	±4,1
Температура палива	$T_{зон}$	°C	±4,1
Витрата палива	$G_{зон}$	кг/с	±1,1
Питома витрата палива	g_e	г/(кВт год.)	±3,5
Витрата повітря	$G_{возд}$	кг/с	±5,1
Витрата охолоджуючої рідини	G_B	кг/с	±5,1

Перелік приладів, що використовуються при випробуваннях дизель-генераторів на тепловозах і стендах заводів-виготовлювачів:

- манометри вакуумметри зразкові МО і МТІ;
- максиметри манометричні (спеціальної розробки). Манометри з уніфікованим входним сигналом типу ПЕД;
- термопари: хромель-алюмелеві;
- хромель–копеліеві Термокомплект дизельний ТКД–0.18;
- тахометр магнітний;
- лічильник оборотів СКО МАПС;
- індукційні електричні тахометри;
- секундоміри;
- ваги ВЦП-28;
- витратоміри об'ємні;

- діафрагма;
- мілівольтметр;
- вольтметр;
- амперметр.

Для наглядного прикладу на рисунку 2.1 вказане розташування підсистем і комплекту датчиків стану ДГУ на тепловозі.

Характеристиками двигуна називають залежності основних показників його роботи від того чи іншого фактора або зв'язку одних показників з іншими. Все існуюче різноманіття характеристик може бути умовно поділити на кілька основних груп:

- регульовальні характеристики – залежності показники роботи двигуна від зміни регулювань або конструктивних факторів. Регульовальні характеристики знімаються при постійній частоті обертання і фіксованому положенні органу управління подачею палива;

- навантажувальні характеристики – залежності показників роботи двигуна від зміни навантаження. Навантажувальні характеристики знімаються при постійній частоті обертання і одномірному збільшенні навантаження;

- швидкісні характеристики.

Крім зазначених, існують й інші характеристики:

- стійкості;
- димності;
- токсичності відпрацьованих газів;
- пускові;
- тиск палива;
- вібраційні і т.д.

2.2 Аналіз методики випробувань тепловозного дизеля

«Програма і методика випробування» (ПМ) встановлює вимоги на проведення холодної та гарячої обкаток, регулювання, пред'явницькі і

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

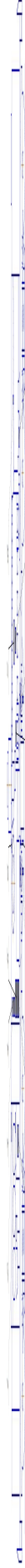


Рисунок 2.1 – Розташування підсистем і комплекту датчиків стану ДГУ на тепловозі:

- 1 – блок індикаторний; 2 – приймальна антена системи GPS; 3 – високовольтний дільник напруги; 4 – датчик потужності; 5 – крос-блок; 6 – датчик турбонаддува; 7 – розподільний модуль; 8 – датчик температури контуру охолодження; 9 – датчик оборотів дизеля; 10 – датчик тиску палива; 11 – датчик рівня палива правий; 12 – датчик тиску масла; 13 – датчик води і температури палива; 14 – датчик рівня палива лівий; 15 – блок живлення імпульсний; 16 – датчик контролера машиніста.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.246303.000.03МР.ПЗ

Арк.

27

приймально-здавальні випробування на стендах заводу. На холодну обкатку кожен дизель повинен надходити зібраним, укомплектованим згідно технології на загальну складання дизеля мати карту пред'явлення.

Все що випускаються заводом дизеля піддаються холодної та гарячої обкатки, регулюванню представницькими і приймально-здавальних випробувань.

Час обкатки для кожного виду випробувань та типу виконання дизеля наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Час обкатки для кожного виду випробувань та типу виконання дизеля

Вид випробування	Тривалість випробування	
	дизель звичайного виконання	дизель експортного виконання
Холодна обкатка	0 год 30 хв	0 год 30 хв
Гаряча обкатка	6 год 20 хв	04 год 20 хв
Режимна робота	4 год 40 хв	4 год 40 хв
Пред'явницькі випробування	2 год	2 год
Перевірочна робота	–	5-00 год
Додаткова перевірка після усунення дефектів	–	2 год
Приймально-здавальні випробування	2 год	2 год
Разом	06 год 30 хв	30 год 30 хв - 36 год

Проведення випробувань в умовах тепловозремонтного заводу виконується на спеціальному стенді для обкатки двигунів, в якому, як навантажувальний пристрій використовується гідрогальмо.

Кожен випробувальний стенд повинен бути обладнаний:

– завантажувальним пристроєм (гідрогальмом);

- засобами визначення витрати палива і масла;
- стендовим пультом управління , що забезпечує:
 - контроль параметрів дизеля;
 - вимірювання частоти обертання колінчастого вала дизеля;
- маслопідкачуючим агрегатом;
- системою змащення і фільтрами грубої і тонкої очистки масла, аналогічно йде на комплектацію дизеля для тепловоза;
- регулюючим пристроєм зміни частоти обертання колінчастого вала дизеля. Всі вживані при випробування контрольно–вимірювальні прилади, пристрої, апаратура повинні мати паспорти або клейма перевірки та підлягають обов'язковій періодичній перевірці відповідно до графіка.

Також в умовах заводів проводять холодну обкатку. Метою холодної обкатки є проведення приробітку третьових частин, промивка внутрішніх порожнин масляних клапанів, водопроводів, порожнин і системи охолодження, а також перевірка правильності складання.

Перед установкою на дизель паливного насоса високого тиску проводимо перевірку регулювання подачі палива по секундам на паливному стенді. Перевірка регулювання подачі палива по секундам (дозування) проводиться при частоті обертання кулачкового вала паливного насоса об/хв .

Частоту обертання кулачкового вала повинна бути встановлена по тахометрі класу першому і вище.

Перед холодної обкаткою виробляємо необхідні роботи:

- встановити кут випередження подачі палива $\varphi=(33-35)^\circ$ повороту колінчастого валу. На дизелі різниця кутів φ по циліндрах не повинна перевищувати $\pm 1^\circ$ повороту колінчастого валу;
- заповнюємо і опресовуємо водну систему дизеля при тиску Па;
- заливаємо в піддон дизеля масло по мітках масло мірного щупа (~160 кг), прокачуємо масляну систему і перевіряємо постування масла до верхніх підшипників шатунів , до підшипників розподільного вала , до траверс клапанів , перевірити злив масла з турбокомпресора;

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- виробляємо розконсервацію регулятора згідно інструкції з експлуатації регулятора швидкості типу РН-30;
- холодна обкатка проводиться 90 хв;
- стенд холодної обкатки повинен бути обладнаний масло підкачуючим агрегатом.

Перед початком обкатки дизеля проводимо необхідну прокачування масляну систему. При досягненні тиску не менше 5 Па в системі змащення включити електродвигун приводу колінчастого вала дизеля.

При холодній обкатці проводимо візуальний контроль і технічний огляд:

- якість затяжки зовнішнього кріплення;
- відсутність патьоку масла , води і палива;
- відсутність сторонніх шумів і стукотів;
- відсутність місцевого перегріву будь-яких вузлів і деталей.

Основними деталями і вузлами слід вважати:

Блок – картер, колінчастий вал, шатун, поршень і поршневі кільця, втулка циліндра, водяні насоси, вкладиші корінних і шатунні, регулятор числа обертів, паливний насос високого тиску, масляний насос, турбокомпресор, газорозподільний механізм, кришка циліндра.

Гаряча обкатка. Метою гарячої обкатки є припрацювання тертьових частин перевірка правильності складання дизеля і працездатності всіх його систем , перевірка відповідності параметрів дизеля справжньою програмою і методикою випробування.

При підготовці дизеля до пуску проводимо необхідні роботи:

- перевіряємо надійність кріплення дизеля і завантажувального пристрою. Провести центрування дизеля і завантажувального пристрою, зміщення і злам осей не більше 0,3 мм на діаметрі маховика;
- заповнюємо паливну систему дизеля паливом, випустити повітря з системи;
- перевіряємо і за необхідності доливаємо в піддон дизеля чисте профільтровану олію по верхню мітку масломірного щупа насоса.

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Проводимо прокрутку дизеля електростартером (індикаторні крани повинні бити відкриті) для чого:

- зняти живлення з електромагніту регулятора;
- прокачати масляну систему дизеля насосом передпусковий підкачки масла. При досягненні тиску масла не менш $\dots 5$ Па в кінці головної магістралі натиснути на кнопку «Пуск»;
- прокручувати дизель дозволяється протягом 5 с з інтервалом 15 с, при цьому кількість прокручувань не більше трьох.

Після усунення виявлених при прокручуванні дизеля протікань системи, дизель вважають готовим до пуску. Закриваємо індикаторні крани і подаємо живлення на електромагніт регулятора. Прокачуємо масляну систему дизеля насосом передпусковий прокачування масла. При досягненні тиску не менше $\dots 5$ Па в системі змащення, виробляємо запуск дизеля.

Навантаження дизеля здійснювати тільки після прогріву масла до температури в піддоні не нижче 40-45°C.

Під час гарячої обкатки виконуємо:

- перевірку роботи паливної, масляної, водяної і газоповітряної системи, вузлів і агрегатів дизеля та системи регулювання частоти обертання колінчастого вала;
- остаточне регулювання редукційного клапана на тиск масла з системи;
- регулювання розрядження в картері.

При обкатці дозволяється зупинка дизеля усунення дефектів із записом в таблицю випробувань причини зупинки, проведеної роботи з усунення дефектів, несправностей з розписом виконавця.

При обкатці дизеля на повній потужності, фіксуємо показання приладів і результати вимірювань на дизелі і у випадку необхідності проводимо регулювання параметрів дизеля. Пред'явницькі випробування. На пред'явницькі випробування продукцію пред'являють цех-виробник пропонуючи повідомлення і таблицю випробувань з режимами гарячої обкатки дизеля. Представницькими випробувань повинен піддаватися кожен дизель з метою перевірки якості

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

виготовлення, складання, регулювання та контролю основних параметрів, встановлених технічними умовами.

Пред'явницькі випробування в себе включають:

- перевірку системи автоматичного регулювання частоти;
- перевірка стану аварійно-попереджувальної сигналізації та захисту;
- перевірка пуску при даних атмосферних умовах;
- перевірку стану складальних одиниць і деталей при частковій розбиранні.

Навантаження дизеля виконуємо з урахуванням наведеної потужності при цьому тиск масла в центральній масляній магістралі дизеля при температурі масла 75-85°C.

Випробування пуску виробляються при існуючих атмосферних умовах , але не нижче, ніж температура повітря 8°C, а також охолоджуючої рідини і палива не нижче ніж 8°C і масла в системі змащення не нижче 15°C при цьому надійний пуск дизеля електростартером забезпечується не більше, ніж з трьох спроб. Тривалість часу включення стартером але не більше 5 с з інтервалом між включеннями 15 с.

Приймально-здавальні випробування є остаточним для приймання дизеля на стенді заводу.

Робота по режимам проводиться з метою перевірки регулювання і контролю основних параметрів , встановлених технічними умовами.

Навантаження дизеля виконуємо з урахуванням приведення повній потужності. Значення основних параметрів на режимі повної потужності проводимо:

- перевірку системи автоматичного регулювання частоти;
- перевірку упорів обмеження навантаження і максимальної частоти обертання колінчастого вала дизеля;
- перевірка зупинки дизеля робочим і аварійним стоп-пристроєм.

Випробування вважаються закінченими після оформлення журналу приймально-здавальних випробувань.

Під час стендових випробування кожен стенд повинен бути обладнаний

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

навантажувальним пристроєм. Згідно методики випробування тепловозного дизеля стенд для обкатки обладнаний навантажувальним пристроєм (гідрогальмом), який наведений на рис. 2.2.

2.3 Будова, призначення, технічні характеристики та умови роботи випробувального стенду

Стенд розроблений на базі маневрового тепловоза ТГМ4. Стенд призначений для післяремонтного випробування дизелів типу 211Д-2. У якості навантажувального пристрою застосовується гідрогальмо ГТ-6Д-800. Для холодного обкатування запропоновано встановлення електродвигуна та за допомогою карданної передачі з'єднано з валом гідрогальма.

Вимоги на проведення холодної та гарячої обкатки, регулювання та прийнятно-здавальні випробування на стенді заводу складені на тепловозний дизель 6ЧН 21/21. На основі цих вимог розроблено види та тривалість випробувань дизеля табл. 2.2.

На холодну обкатку кожен дизель повинен надходити складеним, укомплектованим згідно технології на загальну зборку дизеля та мати карту пред'явлення.

Усі відремонтовані заводом дизелі підлягають холодній та гарячій обкаткам та регулюванням.

До обкатки та випробування дизелів допускаються особи, які добре знають конструкцію дизеля та випробувального стенда, інструкцію з експлуатації, програму та методику випробувань.

Деталі дизеля, стенда та вимірювальних приладів які обертаються повинні мати захисні загородження.

Дизелі, які йдуть на експорт приймаються комісією, призначеною директором заводу. До складу комісії входять головні спеціалісти заводу.

Умови роботи випробувального стенду.

Випробувальний стенд обладнаний:

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд стенду для випробувань дизеля 211Д-2:

- 1 – акумуляторне відділення; 2 – кабіна машиніста; 3 – гідрогальмо ГТ-6Д-800; 4 – дизель; 5 – шахта холодильника; 6 – візок; 7 – електродвигун; 8 – масляний фільтр

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.246303.000.03МР.ПЗ

Арк.

34

- навантажувальним пристроєм (гідрогальмом);
 - засобами вимірювання для визначення витрати палива;
 - стендовим пультом управління, який забезпечує:
 - контроль параметрів дизеля;
 - вимірювання частоти обертання колінчатого валу дизеля.
 - маслопрокачуючим агрегатом;
 - системою змазки з фільтрами грубої та тонкої очистки масла, аналогічно тим, які йдуть на комплектацію дизеля для тепловоза;
 - керуючим пристроєм зміни частоти обертання колінчастого валу дизеля.
- Для успішного проведення випробувань повинні бути виконані такі умови:
- розрідження перед турбокомпресором від $1,0 \cdot 10^3$ Па до $3,0 \cdot 10^3$ Па;
 - протитиск на випуску після турбокомпресора від $1,0 \cdot 10^3$ Па до $5,0 \cdot 10^3$ Па;
 - температурний режим дизеля повинен дотримуватись відповідно з технологічними умовами на поставку;
 - отримання температури води на вході в охолоджувач надувного повітря від 27 до 63 °С, в літній час до 65 °С;
 - перевірка системи аварійно-попереджувальної сигналізації захисту дизеля;
 - вимірювання всіх параметрів, які підтверджують відповідність дизеля затвердженій програмі та методиці випробувань.

Усі контрольно-вимірювальні прилади, пристрої, апаратура, які використовуються при випробуваннях підлягають періодичній повірці відповідно графіку, мають паспорти або клейма перевірки, які зберігаються в атестатах стенда.

При всіх видах випробувань необхідно використовувати масло М14В₂ або М14Г₂. Допустиме багатократне використання мастил з контролем параметрів згідно інструкції ЦЗЛ та відповідно параметрів сертифікату на свіже масло, аналіз масла проводиться не рідше трьох разів на місяць.

Для регулятора швидкості застосовують масло МС-20 або МК-22.

На кожен отриману партію палива та масла повинні бути отримані паспорти.

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Перед проведенням робіт масло в піддон дизеля заливають через сітчастий фільтр (сітка №6), який перед цим необхідно промити в дизельному паливі.

В якості охолоджуючої рідини використовується прісна вода загальною жорсткістю не більше 2,15 мг-екв/л.

Загальна гідравлічна схема стенду приведена на рис. 2.3.

В якості спрощення управління стендом було запропоновано встановити електромагнітні вентиля на подачу та злив води з гідрогальма. Даний ventиль двоходовий нормально закритий. Для відкриття вентиля на електромагнітну котушку 8 подається напруга, після чого сердечник 6 втягується в соленоїд та підіймає діафрагму 3. При знятті напруги з котушки під дією пружини 7 сердечник повертається в нормальне положення та закриває ventиль. Встановлення цього вентиля дає змогу віддалено керувати потоком води з пульта управління та зникає потреба ручного регулювання та перебування людини біля працюючого дизеля і небезпечних деталей, які обертаються. Ventиль зображено на рис. 2.4.

2.4 Навантажувальний пристрій випробувального стенда

Характеристика гідрогальма – це залежність потужності яка поглинається гальмом від числа обертів ротора (рис. 2.5).

Крива OA характеристики являє собою верхню межу гальмування – максимальну потужність, яка поглинається гальмом при збільшенні числа обертів та незмінній подачі води.

Пряма AB обмежує гальмівну потужність гальма, виходячи з міркувань міцності деталей з урахуванням навантажень, які виникають від гальмівного моменту.

Пряма BC обмежує гідрогальмо по теплу. Дана межа, яка визначається максимально можливою витратою води для охолодження, встановлює граничну потужність гідрогальма по теплу, виходячи з того, що температура води в гідрогальмі не повинна бути вище 70°C.

Пряма CD обмежує гідрогальмо по швидкості обертання.

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд гідравлічної схеми стенду:

1 – дизель; 2 – гідрогальмо; 3, 4 – радіатор ; 5 – бак; 6 – бак розширювальний; 7 – агрегат маслопрокачуючий; 8 – фільтр грубої очистки масла; 9 – фільтр тонкої очистки масла; 10 – охолоджувач масла; 11 – насос водяний; 12, 13 – терморегулятор; 14-20 – вентиль; 21, 22 – клапан електромагнітний

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.246303.000.03МР.ПЗ

Арк.

37



Рисунок 2.4 – Вентиль електромагнітний:

1 – корпус; 2 – сідло; 3 – діафрагма; 4 – кришка корпуса; 5 – ущільнення; 6 – сердечник; 7 – пружина сердечника; 8 – кришка соленоїда; 9 – котушка екрануюча; 10 – наконечник нерухомий

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



Рисунок 2.5 – Теоретична характеристика гідрогальма ГТ-6Д-800

2.4.1 Будова та принцип дії гідрогальма

Гідрогальмо складається із власне гідравлічного гальма та вимірювального механізму, конструктивно зв'язаних як одне ціле.

По конструкції гідравлічне гальмо є дисковим. Ротор гідрогальма складається з шести сталевих дисків, приварених до вала. Матеріал вала: сталь Ст5. Матеріал дисків сталь 25.

Статор набраний з двох бокових кришок та п'яти складних нерухомих дисків між ними, обрамлених двома половинками кожуха. Проміжки між боковими поверхнями кришок та нерухомих дисків утворюють гальмівні камери, кількість яких відповідає кількості дисків ротора.

З метою підвищення ефективності гальмування рухомі диски ротора виконані з наскрізними отворами, а бокові поверхні нерухомих дисків, які утворюють гальмівні камери – фасонними у вигляді чотирикутних стільників.

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

У працююче гальмо безперервно надходить вода через прийомну коробку, звідки по каналам, розміщеним на верхніх половинах нерухомих дисків, потрапляє в гальмівні камери.

Середній нерухомий диск не має каналу, внаслідок чого гальмівна порожнина гідрогальма ділиться на дві секції.

Прийомна коробка має всередині перегородку, завдяки чому вода може подаватись роздільно в кожен секцію гальма. При подачі води в одну з секцій використовується приблизно половина гальмівної здатності, що буває доцільно при випробуванні двигунів до 367,8-441,3 кВт (500-600 к. с.) Вал ротора обертається в однорядних кулькових підшипниках № 226, захищених від попадання води ущільненням з повстяних кілець. Подача змащення для підшипників ротора виконується з ковпачкових тавотниць шляхом періодичного продавлювання змащення. Статор підвішений на цапфах в кулькових підшипниках № 130 та має можливість вільно качатись як відносно нерухомої станини, так і відносно рухомого ротора. Гальмо реверсивне та виконує призначену йому функцію цілком однаково незалежно від напрямку обертання ротора.

Вода в гідрогальмо потрапляє з баку за допомогою водяного насоса та захоплюється кожним обертаючим диском і завдяки відцентровій силі розподіляється кільцем по периферії гальмівних камер.

Величина навантаження двигуна, яке створюється гальмом, обумовлюється наповненням, тобто шириною цього кільця: зі збільшенням наповнення збільшується активна поверхня тертя дисків і відповідно зростає навантаження.

Зміна ширини водяного кільця (при постійних обертах ротора) досягається двома шляхами:

- зміною подачі кількості води в гідрогальмо;
- зміною положення зливного вікна по радіусу диска ротора.

При постійній кількості обертів, які визначають режим зливу води, зі збільшенням подачі зростає ширина кільця води.

При незмінній подачі води ширина кільця визначається положенням

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

зливного вікна регулюючої заслінки.

Заслінка розміщена в спеціальному гнізді правої та лівої бокових кришок з внутрішньої сторони, а валик її виведений ззовні.

Ці валики в свою чергу через черв'ячну передачу виведені на лицьову сторону гідрогальма та закінчуються маховичками, які слугують для повороту регулюючих заслінок.

За допомогою черв'ячної передачі регулююча заслінка може бути повернута на максимальний кут 180° , при якому зливне вікно переміститься від периферії до центру гальма на величину діаметра регулюючої заслінки, що практично забезпечує максимально можливу регульовану ширину кільця води.

Зовнішній радіус кільця води (z) визначається конструкцією гальма та практично рівний радіусу диска ротора. Внутрішній радіус кільця води ($в$) змінюється залежно від положення вікна в регулюючій заслінці. А саме: по мірі переміщення його до осі гальма величина $в$ буде зменшуватись. Таким чином, ширина кільця визначається різницею $z - в$.

При розрахунках та оперуванні з гальмом використовується термін «наповнення» гальма, під яким умовно використовується відношення:

$$\frac{z - в}{z} \quad (2.1)$$

На практиці при оперуванні гальмом користуються обома способами регулювання. Схема регулювання при установці заданого режиму така: поворотом на деякий кут проводиться первинна, груба установка режиму.

Кінцеве, точне налаштування гальма на заданий режим виконується послідовним заміром подачі води.

При багатократних контрольних випробуваннях двигуна однієї марки за однією встановленою програмою випробування зазвичай проводиться в деякому постійному положенні зливного вікна регулюючої заслінки.

Установка заданого режиму випробування в даному випадку виконується тільки зміною подачі води в гальмо з одночасним регулюванням обертів двигуна. Контроль регулювання при цьому ведеться за показниками шкали ваг та

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

тахометра.

Для нормальної роботи гальма слід забезпечити незмінний режим подачі води, не допускаючи при цьому підвищення температури води вище 70°C. Вода в системі повинна бути м'яка (звільнена від мінеральних солей) з додаванням 0,2-0,3% дихромату калію для зниження корозійних процесів.

Періодично в залежності від величини накипу необхідно промивати гальмо технічною 30% соляною кислотою з послідуною ретельною промивкою порожнин гідрогальма рідиною, яка нейтралізує дію соляної кислоти. Очищене гальмо потім потрібно ретельно промити водою.

Якщо при установці режиму по заданим значенням гальмівного моменту та числу обертів буде виявлено недопустимий перегрів води, потрібно зменшити наповнення гальма та збільшити подачу води, керуючись при цьому дотриманням заданих параметрів навантаження та температури води.

2.4.2 Визначення потужності двигуна що випробовується за допомогою гідрогальма

В процесі випробування потужність двигуна з'єданого з гальмом поглинається повністю, витрачаючись на подолання сил опору, виникаючих в гальмі при обертанні дисків ротора у водяному середовищі, в ущільненнях, в підшипниках ротора і т. ін.

Реакція всіх сил опору сприймається статором, на корпусі якого виникає реактивний момент, перекидаючий статор в напрямку обертання ротора та врівноважений ваговим механізмом. Ваговий механізм з'єднаний з плечем статора, з якого таким чином знімається (вимірюється) сумарна дія реактивних сил. Дія цієї сумарної сили на відомій величині плеча статора складає величину гальмівного моменту, рівного значенню крутного моменту дизеля, який ми визначаємо. Потужність двигуна, кВт, що поглинається гідрогальмом, визначається за формулою:

$$P = \frac{M \cdot \omega}{1000}$$

(2.2)

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- де M – момент, який вимірюється, Н·м;
 n – частота обертів вала гальма, хв⁻¹.
 a – прискорення вільного падіння; g м/с².

Гальмівна здатність або характеристика гідрогальма являє залежність потужності, яка поглинається, від кількості обертів вала гальма та дається у вигляді замкнутого контуру, за площею якого можна визначити границі гальмування при різних значеннях потужності та числа обертів.

2.4.3 Ваговий механізм гідрогальма

В якості вимірювального пристрою в гідрогальмі застосовані маятникові ваги.

На рис. 2.6-2.7 зображена кінематична схема будови маятникових ваг, з якої видно, що закріплений на маятнику вантаж Q врівноважує весь момент, який сприймається гідрогальмом.

З формули (2.2) видно, що при граничній гальмівній потужності 1471 кВт (2000 к. с.) при 1800 хв⁻¹ відповідає максимальний крутний момент

$$M_{max} = 1471 \cdot 1800 \cdot 0,001 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Тоді сила, яка утримує статор гідрогальма у рівновазі, визначається як:

$$F = \frac{M_{max}}{L} \quad (2.3)$$

$$F = \frac{1471 \cdot 1800 \cdot 0,001}{0,1} \text{ Н}.$$

Для визначення величини врівноважуючого вантажу Q складаємо рівняння

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Рисунок 2.6 – Кінематична схема маятникових ваг



Рисунок 2.7 – Кінематична схема маятникових ваг

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$r = r_0 + e; \quad (2.4)$$

$$r = r_0 + e \cos \theta; \quad (2.5)$$

$$r = r_0 + e \cos \theta; \quad (2.6)$$

де e – ексцентриситет валика; приймаємо ... м;

L – довжина плеча маятника; приймаємо ... м.

Тоді

$$r = r_0 + e \cos \theta; \quad (2.7)$$

Звідки

$$r = r_0 + e \cos \theta; \quad (2.8)$$

$$r = r_0 + e \cos \theta; \quad (2.9)$$

$$Q = \frac{m \cdot g \cdot L \cdot \sin \theta}{L} \text{ кг.}$$

Вагу ... кг визначено без врахування ваги стержня маятника.

При використанні гідрогальма для випробування двигунів до 735,5 кВт з моментом до 4250 Н·м доцільно мати значно менший вантаж. В цьому випадку використовується весь діапазон шкали і тим самим дотримується потрібна точність вимірювання.

Розрахуємо потрібний вантаж для випробування дизеля 211Д-2.

$$M = \frac{735,5 \cdot 60}{9,81} \text{ Н·м;}$$

$$F = \frac{735,5}{9,81} \text{ Н;}$$

$$Q = \frac{735,5}{9,81} \text{ кг.}$$

Виходячи з цих міркувань, вантаж Q виготовлений складовим з двох вантажів.

2.4.4 Тарування гідрогальма ГТ-6Д-800

Метою перевірки є порівняння показників ваг гальма з відомим крутним моментом, прикладеним до корпусу статора гідрогальма. Тарування також проводять після ремонту всього гальма, перебирання статора з метою очищення дисків від накипу або ремонту ваг. Тарування гідрогальма повинно проводитись через 200-250 год роботи, але не рідше одного разу за 6 міс.

Умови тарування. Перед кожним таруванням гідрогальма повинна бути проведена перевірка справності вагового механізму шляхом відхилення маятника рукою в будь-який бік від положення рівноваги на величину, яка забезпечує не менше трьох коливань маятника. Коливання повинні проходити плавно без заклинювання. Після зупинки стрілка механізму повинна встановитись в положення, яке відповідає нульовій позначці на шкалі. У випадку, якщо стрілка не співпадає з нулем, дозволяється приступати до тарування лише після усунення даного дефекту.

Тарування проводиться з відключеною подачею води до гідрогальма та від'єднаним двигуном.

Тарування гідрогальма проводиться з наповненим дизельним паливом марки «ДЛ» або «ДС» заспокоювачем. Перед заливанням дизельного пального заспокоювач необхідно через нижню пробку злити масло. Для повного зливу масла необхідно виконати похитування маятника вагового механізму. Заливка в корпус дизельного пального виконується через один з двох отворів у кришці заспокоювача. Для забезпечення більшої чутливості осьового механізму при таруванні необхідно на кришці корпусу заспокоювача відкрутити гайку сальникового ущільнення штока та підняти цю гайку разом з натискною втулкою та сальниковою набивкою по штоку в крайнє верхнє положення і закріпити ці деталі тонким дротом.

Монтаж тарувального пристрою. Перед монтажем тарувального пристрою необхідно викрутити з корпусу статора тавотницю, оскільки вона буде заважати монтажу тарувального пристрою.

При встановлених на важелі вагових тарілках перевіряється збіг стрілки з

					0032.246303.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

нульовою позначкою шкали вагового механізму. Для забезпечення збігу стрілки дозволяється встановлення вантажу на одну з тарілок.

Тарувальні вантажі. При таруванні застосовуються наступні вантажі:

- вантаж 6,666 кг – 2 шт.;
- вантаж 21 кг – 26 шт.

Тарувальні вантажі повинні періодично перевірятись зважуванням.

Для вантажу з номінальним значенням рівним 6,666 кг допускається відхилення по вазі $\pm 0,005$ кг. Для вантажу з номінальним значенням ваги рівним 21 кг допускається відхилення по вазі $\pm 0,01$ кг.

Перевірка поділок шкали вагового механізму. На одну з тарілок для вантажу (гирь), підвішену до важеля тарувального пристрою, необхідно покласти вантаж 6,666 кг та відхилити маятник механізму так, щоб він зробив не менше трьох коливань. Після зупинки стрілка механізму повинна зупинитись напроти поділки шкали 100 Н·м. Потім потрібно покласти другий вантаж вагою 6,666 кг, при цьому стрілка повинна зупинитись напроти поділки 210 Н·м. Після цього зняти обидва вантажі та замість них покласти вантаж 21 кг, при цьому стрілка повинна зупинитись напроти поділки 300 Н·м.

Продовжуючи збільшувати загальну величину вантажу, перевірити весь діапазон шкали через кожні 10 кг·м та по робочим точкам, які характеризують роботу двигуна, пов'язану із заміром витрати масла, палива, регулюванням обертів і подачі палива.

Провести перевірку показів шкали вагового механізму шляхом розвантаження.

Для перевірки діапазону тарування протилежної сторони шкали вагового механізму тарування необхідно проводити аналогічно вищесказаному, але при цьому вантажі класти на іншу тарілку важеля тарувального пристрою.

Під час перевірки тарування допустима величина розбіжності стрілки вагового механізму з відповідною поділкою шкали не повинна перевищувати величину кута рівну 20 Н·м.

Під час перевірки показів ваг гальма необхідно перевірити чутливість вагового механізму шляхом додавання або зняття гирі вагою 1 кг на тарілку

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

тарувального пристрою. При цьому стрілка вагового механізму повинна відхилитись від свого первинного положення.

Підготовка гідрогальма до роботи після перевірконого тарування.

Зняти з гідрогальма тарувальний пристрій та встановити на місце раніше зняту тавотницю.

Злити із заспокоювача дизельне пальне та залити масло марки МК-22 або МС-20.

Встановити сальникове ущільнення. Провести пробне відхилення рукою маятника вагового механізму в будь-яку сторону від положення рівноваги на величину, яка забезпечує не менше трьох коливань маятника. Коливання повинні проходити плавно без заклинювання. Після закінчення коливань стрілка механізму повинна зупинитись в положенні, яке відповідає нульовій поділці шкали.

Після закінчення всіх робіт, пов'язаних з таруванням гідрогальма, складається акт на тарування із занесенням отриманих відхилень в показаннях вагового механізму.

2.5 Методика визначення потужності дизеля непрямим способом

У процесі випробування потужності двигуна, що з'єднується за допомогою еластичного муфти з гальмом, вона поглинається повністю, витрачаючись на подолання сил опор, які виникають у гальмі при обертанні дисків ротора у водяному середовищі, в ущільненнях, в підшипниках ротора.

Реакція всіх сил опору сприймається статором, на корпусі якого виникає реактивний момент, перекидаючий статор в напрямку обертання ротора і врівноважувати ваговим механізмом. Ваговий механізм з'єднаний з плечем статора, з якого, таким чином, знімається (вимірюється) сумарна дія реактивних сил.

Дія цієї сумарної сили на відомій величині плеча статора становить величину гальмівного моменту, рівного значенню двигуна. Потужність поглинається гідрогальмом, визначається за формулою:

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$N = \frac{M \cdot n}{716,2}, \quad (2.10)$$

де N – визначення потужності двигуна, кВт.;

M – показання вимірювального моменту, Н·м;

n – обертів вала гальма в хвилину, об/хв.

Гальмівна здатність або характеристика гідрогальма представляє залежність потужності від числа обертів вала гальма і дається у вигляді замкнутого контуру, по площі якого можна судити про межі гальмування при різних значеннях потужності і числа обертів.

Граничної гальмівної потужності 1472 кВт при 1800 об/хв відповідає максимальний крутний момент:

$$M = 716,6 \frac{1472}{1800} \approx 580 \text{ кгм.}$$

Тоді сила F , що утримує статор гальма в рівновазі, визначається:

$$F = \frac{800}{0,545} = 1470 \text{ кг};$$

$$Q = 800 \frac{0,545}{0,545} \text{ кг}$$

без урахування ваги стрижня маятника.

$$Q' = \frac{800}{0,545} \text{ кг.}$$

Ефективна потужність дизеля P_e , кВт при вимірюванні крутного моменту і частоти обертання гідрогальма визначення за формулою:

$$P_e = M \cdot n \cdot d \quad (4.11)$$

де M – крутний момент, Н·м;

d – частота обертання, об/хв.

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

При завантаженні дизеля гідрогальмом ефективна потужність визначається:

$$e = \frac{P}{F} \quad (4.12)$$

де 0,001 – коефіцієнт гідрогальма;

P, F – навантаження на гідрогальмах, Н;

Повна ефективна потужність дизеля $e=552$ кВт повинна забезпечуватися при умовах:

- p_a – барометричний тиск, Па;
- t_a – температура навколишнього повітря, °С;
- ϕ – відносна вологість;
- t_f – температура палива °С;
- t_{cool} – температура охолоджуючої води на вході в охолоджувач надувочного повітря, °С;
- p_{in} – розрядження повітря на всмоктуванні (перед турбокомпресором), Па;
- p_{out} – розрядження повітря на виході (після турбокомпресора), Па;

Дизель при остаточній установці повній потужності повинен пройти всі режими гарячої обкатки і відрегульований за параметрами справжньої програми на рекомендовані значення.

Потужність дизеля, яку він повинен розвивати в умовах , випробувального стенду, визначається за формулою:

$$e = e_0 \left[e_{T_{cool}} \cdot e_{T_a} \cdot e_{T_f} \cdot e_{p_{in}} \cdot e_{p_{out}} \right], \quad (4.13)$$

Де $\Delta Pe(p_a - p_{rs} - p_d)$ – поправка до повної потужності залежно від барометричного, парціального тиску і розрядження на всмоктуванні;
 $\Delta Pe T_{cool}$ – поправка до повної потужності залежно від температури води на вході в охолоджувач наддувочного повітря;

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ΔPeT_f – поправка до повної потужності залежно від температури палива;

$\Delta PeTa$ – поправка до повної потужності залежно від температури навколишнього повітря (температура повітря на всмоктуванні);

$\Delta PePg$ – поправка до повної потужності залежно від зворотній тиск на випуску.

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАНЬ СИЛОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Для удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок тепловозів з розробкою методики та програмно-апаратного комплексу для динамічного тестування та діагностики окремих параметрів необхідно розрахувати потужність навантаження.

3.1 Розрахунок параметрів силової енергетичної установки

Вихідні дані до розрахунку

Тактність дизеля τ	4
Кількість циліндрів дизеля i	6
Частота обертання колінчастого вала дизеля n , с^{-1}	83,3
Діаметр циліндра D , мм	811
Хід поршня відповідно s , мм	811
Коефіцієнт продувки циліндра дизеля φ	1,18
Механічний ККД дизеля η_M	1,835
Відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна λ	1,838
Коефіцієнт надлишку повітря α	1,98
Тиск повітря в надувному колекторі, МПа	1,181
Температура повітря в надувному колекторі, $^{\circ}\text{C}$	55
Геометрична ступінь стиснення ε	13,5
Коефіцієнт залишкових газів γ	1,18
Найбільший тиск згоряння z , МПа	13,5
Коефіцієнт виділення тепла z	1,88
Склад 1 кг дизельного палива в частках маси: C	1,87,
	H 1,186,
	O 1,114
Теплота згоряння дизельного палива H_u , кДж/кг	48511

Визначаємо об'єми циліндра, що відповідають точкам a , b та c індикаторної діаграми.

Робочий об'єм циліндра в м^3

$$h \cdot \frac{2}{3}; \quad (3.1)$$

$$h \cdot \frac{2}{3}$$

Геометрична ступінь стиснення ϵ є відношення найбільшого об'єму циліндра max до найменшого min , тобто:

$$\frac{max \ c \ h}{min \ c \ c} \quad (3.2)$$

З цього виразу визначаємо об'єм камери згорання в м^3

$$c \ h; \quad (3.3)$$

$$c \ \text{м}^3.$$

Визначаємо об'єми камери згорання, що відповідають точкам a та b :

$$a \ b \ c \ h \quad (3.4)$$

$$a \ b \ \text{м}^3.$$

Тиск на початку стиснення по експериментальним даним для чотиритактного дизеля – a , приймаємо:

$$a \ \text{МПа}.$$

Коефіцієнтом залишкових газів γ називають відношення кількості залишкових газів z до свіжого заряду, тобто $\frac{z}{i}$.

Температура робочого тіла на початку стиснення:

$$a \ k \ r; \quad (3.5)$$

					0032.246303.000.03MP.P3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

де k – температура повітря перед впускними органами дизеля, К, $k_{к-}$;

γ – прийняти згідно з вихідними даними, $\gamma=0,02$;

ϵ, r – коефіцієнти, згідно з експериментальними даними $\epsilon=10\dots15$;

$r=800\dots900$ К;

$$a = \frac{287 + 0,0001 \cdot 200 \cdot \epsilon}{1 + 0,02} \text{ К.}$$

Коефіцієнтом наповнення γ називають відношення дійсної кількості повітря, що поступає в циліндр на момент початку стиснення, до такої кількості, яка могла б поміститися в робочому об'ємі h , при параметрах повітря, що відповідають відповідним параметрам повітря перед впускними органами: тиск k і температура k .

Коефіцієнт наповнення дорівнює:

$$\gamma = \frac{a k_{к-}}{k a} ; \quad (3.6)$$

$$\gamma = \frac{287 + 0,0001 \cdot 200 \cdot \epsilon}{1 + 0,02} \cdot \frac{k_{к-}}{k a}$$

Тиск робочого тіла в кінці стиснення (точка C):

$$c = a n_1 , \quad (3.7)$$

де n_1 – середній показник політропи стиснення, визначений по експериментальних даних, $n_1=1,36\dots1,38$, приймаємо $n_1=1,38$.

$$c = 1,38 \text{ МПа};$$

Температура робочого тіла в кінці стиснення (точка C):

$$c = a n_1^{-1} ; \quad (3.8)$$

$$c = 1,38^{-1} \text{ К.}$$

Параметри кінця згорання (точка z) характеризуються тиском z і температурою z . Перед тим як визначити температуру z , необхідно визначити деякі характерні величини, що відносяться до процесу згорання.

					0032.246303.000.03MP.P3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Кількість газів ν_0 в молях, що утворюється при згоранні 1 кг палива заданого складу з теоретично необхідною кількістю повітря

$$\nu_0 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 8 \cdot O - 8 \cdot S \quad (3.9)$$

де C, H – склад вуглецю і водню в паливі.

$$\nu_0 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 8 \cdot O - 8 \cdot S$$

Кількість повітря ν_1 в молях, що витрачається на згорання 1 кг палива:

$$\nu_1 = \nu_0 + \frac{\nu_0}{\alpha} \quad (3.10)$$

$$\nu_1 = \nu_0 \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right)$$

Кількість продуктів згорання ν_2 в кіломолях, що утворюється в процесі згорання 1 кг палива з заданим коефіцієнтом надлишку повітря:

$$\nu_2 = \nu_1 + \nu_0 \quad (3.11)$$

$$\nu_2 = \nu_0 \left(2 + \frac{1}{\alpha} \right)$$

Об'ємна частка газів θ в продуктах згорання:

$$\theta = \frac{\nu_0}{\nu_2} \quad (3.12)$$

$$\theta = \frac{\nu_0}{\nu_0 \left(2 + \frac{1}{\alpha} \right)}$$

Об'ємна частка надлишкового повітря α в продуктах згорання:

$$\alpha = \frac{\nu_1 - \nu_0}{\nu_0} \quad (3.13)$$

$$\alpha = \frac{\nu_0 \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) - \nu_0}{\nu_0}$$

Коефіцієнт молекулярної зміни при згоранні палива:

$$\theta = \frac{\nu_0}{\nu_2} \quad (3.14)$$

$$\theta = \frac{\nu_0}{\nu_0 \left(2 + \frac{1}{\alpha} \right)}$$

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$0$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни:

$$0; \quad (3.15)$$

$$0$$

Ступінь підвищення тиску при згоранні:

$$z; \quad (3.16)$$

$$z$$

Температура робочого тіла в кінці процесу згорання z визначається з рівняння згорання палива:

$$\left(\mu \cdot \nu m z \right) z + \left(\frac{z}{1} \cdot \nu m c c \cdot z \mu c \right) \mu; \quad (3.17)$$

де μ – універсальна газова постійна, кмоль/(кгК), $\mu = 8,314$;

$\nu m z$ – середня молярна теплоємність при постійному об'ємі для продуктів згорання в точці z , кДж/(кгК);

z – коефіцієнт ефективного виділення тепла до точки z ;

u – нижня теплота згорання палива;

$c c$ – температури робочого тіла.

Для визначення теплоємностей робочого тіла використовують їх залежність від температури t :

– повітря:

$$\nu m 1 - 3 - 72; \quad (3.18)$$

– чистих продуктів згорання:

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$v_{m0} = -3 \cdot -72. \quad (3.19)$$

Теплоємності v_{mc} і v_{mz} визначають із співвідношень:

$$v_{mc} = \frac{v_{m1} - v_{m0}}{t_1 - t_0}; \quad (3.20)$$

$$v_{mz} = \alpha \cdot v_{m1} \cdot v_{m0}. \quad (3.21)$$

Враховуючи, що v_{mz} залежить від температури z , рівняння (3.21) вираховують методом послідовних наближень зі збіжністю μ_{1-10} .

Виконуємо розрахунки для $t_c = 0^\circ\text{C}$:

$$v_{m1} = 0;$$

$$v_{m0} = 0;$$

$$v_{mc} = 0.$$

Позначимо праву частину рівняння через « D », тоді

$$D = 1 \cdot \left[\frac{\xi_z \cdot H}{\mu \cdot M \cdot (1 + \gamma)} + C_{v_{mc}} \cdot t_c + \lambda_z \cdot R_{\mu} \cdot T_c \right] - 273 \cdot R_{\mu}. \quad (3.22)$$

За розрахунками на математичній моделі, $D = 0$.

Приймаємо перше наближення: $z_1 = 1600^\circ\text{C}$.

Виконуємо розрахунки для z_1 :

$$v_{m1} = 0;$$

$$v_{m0} = 0;$$

$$v_{mz} = 0.$$

Тоді:

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$z1 = \frac{z_1}{\mu \cdot \nu m z}; \quad (3.23)$$

$$z1 = \frac{z_1}{\mu \cdot \nu m z} \cdot O_c.$$

Перевіряємо збіжність:

$$|z - z1|; \quad (3.24)$$

$$|z - z1| = 1862 - 1862 = 0.$$

Тобто збіжність не забезпечується.

Приймаємо друге наближення: $z2 = 1862$.

Виконуємо розрахунки для $z2$:

$$\nu m1 = \frac{\nu m1}{\mu \cdot \nu m z} \cdot O_c;$$

$$\nu m0 = \frac{\nu m0}{\mu \cdot \nu m z} \cdot O_c;$$

$$\nu m z = \frac{\nu m z}{\mu \cdot \nu m z} \cdot O_c.$$

Тоді

$$z2 = \frac{z_2}{\mu \cdot \nu m z} \cdot O_c.$$

Перевіряємо збіжність:

$$|z - z2| = 1862 - 1862 = 0.$$

Тобто збіжність забезпечується.

Після визначення температури отримаємо:

$$z = z - z. \quad (3.25)$$

Ступінь поперечного розширення:

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$\frac{z}{z_c}; \quad (3.26)$$

Обчислюємо z :

$$z_c; \quad (3.27)$$

$$z = 1,07 \cdot 10^3 \text{ м}^3.$$

Тиск b і температура b робочого тіла в кінці процесу розширення:

$$b = z \frac{p}{n_2}; \quad (3.28)$$

$$b = z \frac{p}{n_2 - 1}, \quad (3.29)$$

де δ – ступінь послідуочого розширення:

$$\frac{b}{z}; \quad (3.30)$$

Тоді:

$$b = z \frac{p}{n_2}, \quad (3.31)$$

де 2 – середній показник політропи розширення газів у циліндрі, $2 = 1,28$;

$$b = z \frac{p}{1,28} \text{ МПа.}$$

$$b = z \frac{p}{n_2 - 1}; \quad (3.32)$$

$$b = z \frac{p}{1,28 - 1} \text{ К.}$$

					0032.246303.000.03MP.P3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Розрахунковий середній індикаторний тиск:

$$p_{ip} = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \cdot \lambda_z \left[\rho - 1 + \frac{\lambda_z \cdot \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]; \quad (3.33)$$

За розрахунками на математичній моделі p_{ip} ...

Середній індикаторний тиск дійсного циклу:

$$i_{nip}, \quad (3.34)$$

де n – коефіцієнт повноти діаграми, який для чотиритактного двигуна, $n = 0,98$;

$$i_{nip} \text{ МПа.}$$

Індикаторна потужність двигуна:

$$i_{3ih}; \quad (3.35)$$

$$i_{3ih} \text{ кВт.}$$

Індикаторний ККД:

$$i_{0ik}; \quad (3.36)$$

$$i_{0ik} \text{ .}$$

Питома індикаторна витрата палива:

$$i_{ui}; \quad (3.37)$$

$$i_{ui} \text{ .}$$

Ефективна потужність:

$$e_{im}; \quad (3.38)$$

$$e_{im} \text{ кВт.}$$

					0032.246303.000.03MP.P3	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Ефективний ККД:

$$\epsilon_{i m}; \quad (3.39)$$

$$e^{-\dots}$$

3.3 Розрахунок обладнання для випробувань

Для випробувань дизеля на випробувальному стенді ми пропонуємо встановити електродвигун (рис. 2.2). Він буде розміщуватись в акумуляторному відділенні стенда. Для обертання валу дизеля під час обкатки, потрібно виготовити карданний вал, який буде з'єднувати вал електродвигуна з валом гідрогальма, а далі з колінчастим валом ДВЗ. Карданний вал приводу двигуна зображено на рис. 3.1.

Так як випробування потрібно проводити в декілька етапів з різною частотою обертання валу, потрібно обрати електродвигун, який буде забезпечувати плавний пуск та широкий діапазон регулювання частоти обертів. Таким вимогам відповідають електродвигуни постійного струму.

По розрахованій потужності дизеля обираємо 2 електродвигуна, з'єднані механічно, потужність яких δ близька до потрібної. Дані заносимо до табл. 3.1.

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61



Рисунок 3.1 – Карданный вал привоуду двигуна:

- 1 – фланець; 2 – кришка підшипника; 3 – вилка; 4 – труба карданного валу; 5 – шліцева муфта;
- 6 – тавогниця; 7 – ковзаючи вилка; 8 – підшипник; 9 – хрестовина; 10 – клапан; 11 – болт М6 х 20

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

0032.246303.000.03МР.ПЗ

Арк.

62

Таблиця 3.1 – Параметри двигуна випробувального стенду

Параметр	Значення
Марка ТЕД	ЕД-118
Потужність ТЕД P_d , кВт	818
Частота обертання тривалого режиму ω_∞ , хв^{-1}	611
Частота максимального режиму ω_{max} , хв^{-1}	1871
ККД η , %	86,5
Обертальний момент ω_∞ , Н·м	4797
Маса, кг	8811

Вказаний двигун відповідає вимогам як по потужності, так і по частоті обертання. Для керування навантаженням, доцільно використовувати електричну схему реостатного гальмування тепловоза. Електро-механічна схема відбору потужності наведена на рис. 3.2.

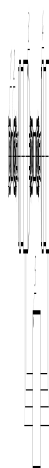


Рисунок 3.2 – Електро-механічна схема відбору потужності СЕУ:
 1 – муфта дизеля; 2 – карданний вал; 3, 4 – електродвигун типу ЕД-108; 5 – система керування потужністю навантаження

3.4 Проведення випробувань

3.4.1 Режим холодної обкатки дизеля

Холодна обкатка проводиться при частоті обертів валу дизеля $n=10 \text{ с}^{-1}$ на протязі 90 хв.

При холодній обкатці виконується візуальний контроль та технічний огляд:

- якості затяжки зовнішнього кріплення;
- відсутності підтікання масла, води та палива;
- відсутності сторонніх шумів та стуків;
- наявності тиску масла в кінці головної магістралі не менше $2,452 \cdot 10^5$ Па

на початку та в кінці обкатки;

- відсутності місцевого перегріву будь-яких вузлів і деталей.

3.4.2 Режим гарячої обкатки дизеля

Основні параметри режиму гарячої обкатки дизелів приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Перелік параметрів режиму гарячої обкатки дизелів

Частота обертання валу дизеля, хв ⁻¹	Крутний момент на валу дизеля, Н·м	Потужність дизеля, кВт	Навантаження на валу гідрогальма ГТ-6Д-800, Н·м	Час роботи на режимі, хв
1	7	8	5	5
600	-	-	-	10
800	-	-	-	5
800	707	58,8	707	10
800	1505	117,7	1505	70
800	7106	176,5	7106	80
1100	707	80,9	707	10
1100	1505	101,8	1505	70
1100	7106	757,7	7106	80
1100	7808	878,6	7808	80
1500	-	-	-	10
1500	558	188,8	558	70
1500	1880	776,6	1880	80
1500	7878	515,9	7878	50

Продовження табл. 3.3

1	7	8	5	5
980	5088	515	5088	50
1190	8887	515	8887	60
1500	8760	557	8760	60
Перевірка min та max частоти обертання колінчастого валу на холостому ходу				
1550	-	-	-	70
570	500	77	500	15
Всього				5 год 50 хв

Таблиця 3.4 – Перелік параметрів, які контролюються на стенді

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Максимально допустима похибка
1	7	8
Атмосферний тиск	кПа	± 0,5 %
Температура повітря на вході в турбокомпресор	К	± 5 К
Відносна вологість повітря		± 5 %
Частота обертання колінчастого валу	об/хв	± 7%
Витрата палива	кг/с	± 1 %
Питома витрата палива	кг/кВт·г	± 8,5 %
Тиск повітря на вході в турбокомпресор	Па	± 1,5 %
Тиск надувного повітря після турбокомпресора	Па	± 7,5 %
Тиск відпрацьованих газів у вихідному патрубку	Па	± 5 %
Температура випускних газів на виході з циліндра	К	± 75 К

Продовження табл. 3.4

1	2	3
Максимальний тиск згорання	кПа	± 8%
Тиск масла: - перед дизелем; - перед турбокомпресором; - до та після фільтрів	кПа	± 5 %
Температура випускних газів на вході в турбокомпресор	К	± 70 К
Температура відпрацьованих газів за турбокомпресором	К	± 15 К
Температура охолоджувальної рідини на вході та виході з дизеля	К	± 5 К
Температура охолоджувальної рідини на вході в охолоджувач надувного повітря	К	± 5 К
Температура масла на вході та виході з дизеля	К	± 5 К
Ефективна потужність (гальмівна)	кВт	± 7,5 %
Температура палива перед паливопідкачуючим насосом	К	± 8 К
Температура навколишнього середовища	К	± 5 К
Тиск палива після фільтра тонкої очистки	кПа	± 5 %

Навантаження дизеля проводити з урахуванням приведення потужності при цьому тиск масла в центральній масляній магістралі дизеля при температурі масла 75-85°С повинно бути 0,5-0,6 МПа при 600об/хв при промитих перед початком

Перевірити нахил регуляторної характеристики δ у відсотках, яка розраховується за формулою:

$$\frac{\delta}{1}, \quad (3.40)$$

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

де n – максимальна частота обертання холостого ходу, с^{-1} ;

n_1 – частота обертання при повному завантаженні $P=552$ кВт.

При необхідності встановити нахил регуляторної характеристики $3+0,5\%$.

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

На основі аналізованого матеріалу можна зробити висновок, що комплексна система випробувань дизельних двигунів як ключових вузлів тепловозів, що включає заводські обкатувальні, здавальні, реостатні, поїзні та науково-дослідні випробування, є важливою і необхідною ланкою для забезпечення їх надійності, економічності та довговічності експлуатації, оскільки саме ці процедури дозволяють виявити і усунути дефекти складання, відрегулювати параметри, провести припрацювання деталей, остаточно перевірити відповідність характеристик технічним вимогам та зібрати дані для подальшого вдосконалення конструкцій, формуючи таким чином замкнутий цикл контролю якості на всіх етапах життєвого циклу силової установки.

На основі аналізу можна зробити висновок, що сучасна методика випробування тепловозних дизелів після ремонту є комплексною системою, яка ґрунтується на використанні спеціалізованого обладнання для зняття широкого спектру параметрів, що дозволяє не лише оцінити основні техніко-економічні показники, але й проаналізувати робочий процес, стан механічних сполучень та спрогнозувати ресурс шляхом вивчення як усталених, так і перехідних режимів, регульовальних, навантажувальних та інших характеристик, що в цілому забезпечує глибоке діагностування та об'єктивну оцінку працездатності двигуна.

Аналіз методики випробувань тепловозного дизеля показує, що вона являє собою чітко регламентований, поетапний технологічний цикл, що включає холодну та гарячу обкатку, регулювання, приймально-здавальні випробування на спеціалізованому стенді, оснащеному необхідним навантажувальним пристроєм (гідрогальмом), системою живлення, контрольно-вимірювальними приладами та засобами автоматизації, причому кожен етап має строго визначені тривалість, мету та послідовність дій, що забезпечує комплексну оцінку якості складання, працездатності всіх систем дизеля та його відповідність технічним умовам перед задачею в експлуатацію.

Аналіз показує, що розглянутий випробувальний стенд на базі тепловоза ТГМ4 з гідрогальмом ГТ-6Д-800 є комплексним спеціалізованим пристроєм,

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

призначеним для повного циклу післяремонтних випробувань дизелів типу 211Д. Принцип його роботи ґрунтується на точному вимірюванні реактивного моменту, що створюється дизелем і поглинається гідравлічним гальмом, з попереднім таруванням вагового механізму для забезпечення необхідної точності вимірювань і дотримання температурних, гідравлічних та експлуатаційних умов, що в сукупності гарантує об'єктивну оцінку якості ремонту та готовності дизеля до експлуатації.

Проведена робота з удосконалення технології випробувань силових енергетичних установок дозволила розробити та обґрунтувати структуру випробувального стенду на основі детального термодинамічного розрахунку робочого циклу дизеля, результатом якого стало визначення його ефективної потужності та ключових параметрів: індикаторного, ефективного ККД, питомої витрати палива. На підставі отриманої потужності було обґрунтовано вибір навантажувального обладнання – двох електродвигунів постійного струму ЕД-108, а також розроблено повноцінні регламенти для проведення холодної та гарячої обкатки, а також представницьких випробувань з детально прописаними режимами, часом та переліком контрольованих параметрів з заданою точністю, що в цілому забезпечує комплексну методику для динамічного тестування та діагностики установок.

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Діагностування та випробування тепловозів: Навчальний посібник /І. Е. Вознюк, О. В. Тартаковський, В. О. Желєзнов. – Х.: УкрДАЗТ, 2011. – 214 с.
2. Енергетичне обладнання тепловозів: Підручник для ВНЗ залізнич. трансп. /О. М. Споць, О. С. Крашенінін, О. М. Бондаренко. – Х.: УкрДУЗТ, 2016. – 312 с.
3. Автоматизація процесів стендових випробувань дизельних двигунів: Монографія /П. М. Каніло, І. В. Парсаданов, О. П. Кутенко. – Х.: НТУ «ХПІ», 2009. – 196 с.
4. Технічне обслуговування та ремонт локомотивів: Підручник /В. М. Марусевич, М. І. Каніщев, Ю. П. Гордієнко. – К.: Основа, 2010. – 448 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания. Испытания дизелей: Учебное пособие /И. В. Парсаданов, А. П. Кутенко, С. А. Безюков. – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – 180 с.
6. Комплексна система післяремонтної діагностики тепловозних двигунів в умовах депо /О. В. Тартаковський, С. О. Каграманян //Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Х., 2013. – Вип. 138. – С. 45–51.
7. Автоматизовані випробувальні стенди для обкатки дизелів після ремонту: Навчальний посібник /В. О. Писаренко, О. В. Писаренко. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2007. – 232 с.
8. Системний підхід до підвищення якості випробувань тепловозних двигунів: Монографія /В. Г. Пузирь, С. В. Мямлін. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – 176 с.
9. Інформаційно-вимірювальна система для автоматизованого стенда випробувань двигунів внутрішнього згорання /В. Ю. Грідін, О. О. Осетров //Двигуни внутрішнього згорання: Науково-технічний журнал. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 1. – С. 84–89.
10. Розробка новітніх технічних рішень та способів з покращення експлуатаційних властивостей локомотивів. Кравченко К. О., Ковтанець М. В. //Збірник наукових праць – Луганськ: Східноукраїнський

					0032.246303.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

національного університету імені Володимира Даля, 2012. – №2. – 120 с.

11. Совершенствование методов послеремонтной диагностики дизельных двигателей: Учебное пособие /С. А. Безюков, В. И. Сальников, И. А. Шпак. – Х.: НТУ «ХПИ», 2017. – 164 с.
12. Стенды для испытания топливной аппаратуры дизелей: Методические указания к лабораторным работам /Сост. А. Е. Спиридонов, О. Н. Бондаренко. – Х.: УкрГАЗТ, 2005. – 40 с.
13. Комплексная система испытаний дизелей: проблемы и решения В. Г. Пузырь, С. В. Мямлин //Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2016. – Вип. 66. – С. 132–140.
14. Автоматизация контроля и управления при стендовых испытаниях дизелей: Монография /П. Н. Канило, А. Н. Олейник, В. В. Самородов. – Х.: НТУ «ХПИ», 2013. – 210 с.
15. Тепловозные силовые установки и их испытания: Учебник /Под ред. В. А. Железнова. – К.: Транспорт України, 2009. – 380 с.

					<i>0032.246303.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72