

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Львівський інститут
(назва факультету)

Рухомий склад залізниць і колія
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавр
(ступінь вищої освіти)

на тему: «Удосконалення технології діагностування тепловозного дизеля»
за освітньою програмою Локомотиви та локомотивне господарство
зі спеціальності: 273 "Залізничний транспорт"
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ЛГ 19117

Керівник:

Нормоконтролер:

(підпис студента)

(підпис)

(підпис)

/ Михайло ГОБЕЛЕЦЬКИЙ /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ викладач Владислав БОЯРКО /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ викладач Іван КРАВЕЦЬ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент

(підпис)

Львів – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Lviv Institute
(faculty)

Railway Rolling Stock and Tracks
(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis
Bachelor
(higher education degree)

on the topic: «Improving the technology of diagnosing diesel locomotives»
according to educational curriculum Locomotives and locomotive economy
in the Speciality: 273 “Railway transport”
(speciality and its code)

Done by the student of the group: ЛІГ 19117

/ Mykhailo HOBELETSKYI /
(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ lecturer Vladyslav BOIARKO /
(position, name, surname)

Normative controller :

/ lecturer Ivan KRAVETS /
(position, name, surname)

Lviv – 2022

ЗМІСТ

ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ, ЩО ДОЗВОЛЯЮТЬ ОЦІНЮВАТИ ЇХ ТЕХНІЧНИЙ СТАН ЗАСОБАМИ СТАЦІОНАРНОЇ ДІАГНОСТИКИ	9
1.1 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню технології діагностування тепловозного дизеля	9
1.2. Аналіз стану тепловозного парку України	10
1.3 Аналіз причин відмов основних вузлів та агрегатів тепловозних дизелів.....	12
1.4 Тепловозний дизель як об'єкт діагностування	15
2 ПРИНЦИПИ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАТИВНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ, ЩО ВРАХОВУЮТЬ СПЕЦИФІКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ	17
2.1 Класифікація існуючих систем технічної діагностики дизелів тепловозів.....	18
2.1.1 Стаціонарні системи	18
2.1.2 Портативні системи діагностування	19
2.1.3 Мобільні системи	20
2.1.4 Вимірювачі та тестери.....	24
2.1.5 Бортові системи.....	25
2.2 Порівняльний аналіз систем діагностики тепловозних дизелів.....	27

0041.190535.01.ВКР.ПЗ				
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата
Розробив		М. ГОБЕЛЕЦЬКИЙ		09.06.12
Консульт				
Керівник		В. БОЯРКО		05.06.12
Н. контр.		Іван КРАВЕЦЬ		06.06.12
Зав.каф.		Олена БАЛЬ		10.06.12
Удосконалення технології діагностування тепловозного дизеля				
		Літера	Аркуш	Аркуші
			5	54
ЛІ УДУНТ				

3.	РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ НА ОСНОВІ ЗАСОБІВ ОПЕРАТИВНОЇ ДІАГНОСТИКИ	32
3.1	Система моніторингу дизельних двигунів СМДД	33
3.2	Механотестер паливної апаратури МТА-2	38
3.3	Аналізатор герметичності циліндрів АГЦ-2.....	40
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4.1	Вимоги охорони праці при обслуговуванні тепловоза на деповських коліях і порядок постановки тепловоза в депо, ПТОЛ.....	42
4.2	Вимоги безпеки перед початком роботи.....	43
	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	51
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

**(ЗАВДАННЯ НА РОБОТУ (ОКРЕМИЙ ДОКУМЕНТ, ОДИН ЛИСТ З
ДВОХ СТОРІН ЗГІДНО ШАБЛОНУ))**

ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
(БУДЕ РОЗРОБЛЕНО ГЗЯОП)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 55 с., 14 рис., 6 табл., 21 джерело.

Об'єкт дослідження – дизельний двигун тепловоза.

Предмет дослідження – методи вдосконалення технології діагностування тепловозного дизеля.

Мета роботи – розробити та ввести в експлуатацію на підприємствах залізничного транспорту України автоматизовані системи технічного діагностування, здатні істотно підвищити достовірність отриманих даних при одночасному зниженні трудомісткості, часу проведення випробування та обробки отриманих результатів. Все це забезпечить високу компактність та модульну простоту.

Для досягнення поставленої мети в роботі виконано проведено аналіз існуючої діяльності та технології ТО та ремонту дизельного двигуна тепловозу, розроблено план впровадження нового технологічного обладнання з метою підвищення продуктивності праці, охорони навколишнього середовища та підвищення механізації технологічних процесів.

Запропонована вдосконалена комплексна система оперативної діагностики тепловозного дизеля, що використовує результати індикування параметрів робочого процесу в циліндрі дизеля, вимірювання та діагностики циліндропоршневої групи, паливної апаратури і механізму газорозподілу та відповідні технічні пристрої.

Ключові слова: ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ, ПАЛИВНИЙ НАСОС ВИСОКОГО ТИСКУ, ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА, ЦИЛІНДРОПОРШНЕВА ГРУПА.

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ДВЗ	Двигун внутрішнього згорання
ВМТ	Верхня мертва точка
НМТ	Нижня мертва точка
ВЛ	Високовольтна лінія електропередачі
ГМ	Гальмівна магістраль
ПЛ	Повітряна лінія електропередачі
СМДД	Система моніторингу дизельних двигунів
ПНВТ	Паливний насос високого тиску
ТО	Технічне обслуговування
ПЗ	Програмне забезпечення
ДГУ	Дизель-генераторна установка
ЦПГ	Циліндропоршнева група

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		8

ВСТУП

У процесі експлуатації рухомого складу вузли та агрегати тепловозних дизелів піддаються впливу зростаючих навантажень, зумовлених збільшенням маси поїздів, підвищенням швидкостей руху і середньодобових пробігів локомотива.

Аналіз статистичних даних показує, що понад 30% відмов тепловозів пов'язані несправністю дизелів. Відмови паливної апаратури та циліндропоршневої групи становлять понад 20 % від загальної кількості відмов дизелів в експлуатації.

Виявлення дефектів вузлів дизелів можливе під час проведення реостатних випробувань, тобто на пунктах стаціонарної діагностики в депо, що є трудомісткою та затратною з фінансової точки зору операцією. Більше ефективно і менш витратне виявлення несправностей, що виникають у процесі експлуатації, може бути досягнуто шляхом розробки системи засобів оперативної діагностики технічного стану дизельних двигунів – системи моніторингу дизельних двигунів (СМДД).

Розробка та впровадження у виробничий процес експлуатації тепловозів засобів та методів оперативної діагностики для своєчасного виявлення відмов та передвідмовних станів вузлів дизелів без постановки тепловозів на пункти стаціонарної діагностики є актуальним завданням.

Особливе значення достовірне діагностування методами та засобами оперативної діагностики набуває в умовах запланованого переходу від планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та ремонту тепловозів до системи обслуговування за технічним станом.

У зв'язку з цим пропонується розробити та ввести в експлуатацію на підприємствах залізничного транспорту України автоматизовані системи технічного діагностування, здатні істотно підвищити достовірність діагнозу при одночасному зниженні трудомісткості, часу його проведення та обробки отриманих результатів, та забезпечать високу компактність та модульну простоту.

Об'єктом дослідження в даній роботі є дизельний двигун тепловоза.

Предметом дослідження являються методи вдосконалення технології діагностування тепловозного дизеля.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						9
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ, ЩО ДОЗВОЛЯЮТЬ ОЦІНЮВАТИ ЇХ ТЕХНІЧНИЙ СТАН ЗАСОБАМИ СТАЦІОНАРНОЇ ДІАГНОСТИКИ

1.1 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню технології діагностування тепловозного дизеля

Відомо, що у міжремонтний період експлуатації тепловозів можливе зниження потужності до рівня 70-60%, з одночасним погіршенням економічності до 35% паспортних значень. Багато в чому це відбувається через неприйняття своєчасних заходів щодо відновлення працездатності основних систем та агрегатів двигунів, у тому числі і паливної апаратури, через відсутність деталізованої та точної інформації про зміну характеру робочого процесу в циліндрах.

Вчені та винахідники України, вчені транспортних ЗВО і наукових установ України внесли значний вклад у розвиток науки про удосконалення технології діагностування тепловозного дизеля.

У статті [1] проведений огляд методів безрозбірного діагностування тепловозного дизеля та аналіз методу діагностування за нерівномірністю частоти обертання колінчатого валу.

Однією з реалізацій стратегії розробки та впровадження систем нерозбірного діагностування тепловозних двигунів у процесі експлуатації є метод нерозбірного діагностування та контролю технічного стану тепловозного дизеля за нерівномірністю частоти обертання колінчастого валу.

У статті [2] проаналізовано недоліки методу усереднення даних і запропоновано методику оцінки невідтворності робочих циклів дизеля та обговорено шляхи її вдосконалення.

Дисертація [3] присвячена удосконаленню нормування витрат дизельного палива маневровими тепловозами шляхом розрахунку необхідної дотичної

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

роботи тепловоза для переробки заданої кількості составів, роботи дизеля та встановлення на її основі норми годинної витрати палива. У дисертації визначені техніко-економічні показники маневрового тепловоза, параметри системи технічної експлуатації маневрових тепловозів та межі їх зміни. Вперше побудовані математичні моделі розрахунку часу розгону та дотичної роботи для робочого та холостого піврейсу на основі методу вузлових точок, визначення годинної витрати палива у залежності від роботи дизеля, запропоновано спосіб визначення роботи з подолання втрат на привід допоміжних агрегатів. Розроблений порядок встановлення норми витрати палива та відповідне програмне забезпечення, яке автоматизує даний процес. Розраховано економічний ефект від впровадження удосконаленої методики нормування.

У дисертації [4] розроблено методику підвищення ефективності функціонування інформаційно-діагностичної системи, яка враховує структуру її побудови і частоту опитування датчиків діагностичних параметрів. Удосконалено методику оцінки технічного стану кривошипно-шатунного механізму дизеля.

Розроблено розрахунково-експериментальну методику визначення режимів обкатних випробувань тепловозних дизелів, найбільш ефективних по при розробці основних пар, що труться і мінімальних за часом у дисертації [5]. Встановлено науково-обґрунтовані режими стендової обкатки тепловозного дизеля 2Д100 після капітального ремонту.

Таким чином, аналіз літературних джерел показав, що питанням удосконаленню технології діагностування тепловозного дизеля у вітчизняній науці приділено достатню увагу. У той же час сучасний стан науково-технічного прогресу вимагає нових підходів та сучасних технічних рішень щодо поліпшення та вдосконалення технології діагностування тепловозного дизеля.

1.2. Аналіз стану тепловозного парку України

Експлуатація тепловозного парку організована на 6 залізницях, що входять до складу АТ «Укрзалізниця»: Донецькій, Львівській, Одеській, Південній, Південно-Західній та Придніпровській.

						Арк.
					6.273.190535.ПЗ	11
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Незважаючи на те, що проводиться закупівля нового рухомого складу, в експлуатації залишається багато старих локомотивів. Нових локомотивів надходить недостатньо, оновлення парку відбувається повільними темпами. У силу свого віку старі локомотиви більш схильні до відмов, у тому числі і непланових відмов.

Таке становище складається через недостатні навички та вміння персоналу, що обслуговує тепловози, що виконує їх ремонт, відсутності сучасного ремонтного та діагностичного обладнання.

Розподіл парку тепловозів наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура тепловозного парку залізниць України

Серія тепловоза	Кількість одиниць по залізницях						
	Донецька	Львівська	Одеська	Південна	Південно-Західна	Придніпровська	Разом
1. Тепловози всього							
-	641	414,5	370	489,5	466	385	2766
1.1 Вантажні з електричною передачею в тому числі							
ТЭЗ						1	1
М62		25			29		54
2М62		141,5			104		245,5
2М62 ^У		59			54		113
2ТЭ10 ^М			84				84
2ТЭ10 ^У			6				6
2ТЭ10 ^{УТ}			31				31
2ТЭ116	207			175,5	36	102	520,5
Разом	207	225,5	121	175,5	223	103	1055
1.2 Пасажи́рські з електричною передачею в тому числі							
ТЭП60				5			5
ТЭП70				67			67
Разом				72			72
1.3 Маневрові з електричною передачею в тому числі							
ЧМЭ2		4			6		10
ЧМЭ3	426	181	248	239	232	279	1605
ЧМЭ5	6						6
Разом	432	185	248	239	238	279	1621
1.4 Маневрові з гідравлічною передачею в тому числі							
ТГМ23			1	3	4	2	10
ТГК2	2	4				1	7
ТГК21					1		1
Разом	2	4	1	3	5	3	18

Збільшення часу простою локомотивів у ремонті пояснюється старінням локомотивів та поділом локомотивного господарства на ремонт та експлуатацію.

								Арк.
								12
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	6.273.190535.ПЗ			

Таким чином, старіння тепловозного парку і разом з цим не досить активне його оновлення призводять до збільшення часу простою на планових видах ремонту, а також зростання кількості непланових ремонтів.

1.3 Аналіз причин відмов основних вузлів та агрегатів тепловозних дизелів

Справний стан тепловозів характеризується тим, що він відповідає всім вимогам, викладеним у нормативно-технічних документах, та встановленим параметрам, що забезпечують нормальне виконання заданих функцій. Недотримання цих умов свідчить про несправність локомотива.

У локомотивному господарстві відмовою є несправність локомотива (його складальних одиниць та деталей), що полягає у порушенні його працездатності, внаслідок чого потрібне відновлення або заміна складальних одиниць та деталей, або регулювання їх характеристик у період між плановими видами технічного обслуговування та ремонту або ними, якщо це відновлення (заміна, регулювання) не входять у обсяг обов'язкових робіт і якщо необхідний їх виконання час чи трудомісткість перевищує норми, встановлені цього виду ремонту локомотивів.

Кількість непланових ремонтів та відмов на шляху прямування є основним показником, за яким оцінюється надійність та якість утримання тепловозів, а також ефективність роботи ремонтних підприємств. За допомогою діагностування можна попередити відмови в дорозі та заздалегідь визначити необхідність постановки тепловозів у ремонт відповідно до фактичного їхнього стану. На сьогоднішній день неруйнівні методи контролю та діагностування стають актуальнішими і лягають в основу сучасних систем моніторингу та діагностики дизеля.

Підвищення ефективності та надійності роботи дизелів тепловозів в експлуатації пов'язане зі зниженням витрати пального, зменшенням кількості відмов та непланових ремонтів. Удосконалення методів та засобів контролю та

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		13

діагностики тепловозів та їх силових установок як при проведенні ТО та ремонті, так і в експлуатації є важливим та актуальним завданням.

Відмови та несправності тепловозів у дорозі можуть відбуватися з вини персоналу, що займається експлуатацією (17,6%), з вини ремонтного персоналу депо (66,7%), з вини ремонтних заводів та заводів - виробників (15,7%) [6].

На рис. 1.1, як приклад, наведено розподіл випадків непланових ремонтів тепловозів, пов'язаних із пошкодженням вузлів та систем дизеля в середньому по мережі доріг. З рисунка видно, що найбільша кількість пошкоджень посідають елементи системи охолодження, циліндропоршнева група та елементи газоповітряного тракту. Проведений аналіз статистичних даних показує, що заходи тепловозів на непланові ремонти у середньому становлять 40% загальної кількості заходів. У тому числі на елементи паливної апаратури припадає 15%, циліндропоршневої групи 30% по мережі доріг. Інтенсивність відмов елементів паливної апаратури припадати на відмови форсунок та ПНВТ, елементів циліндрів поршневої групи посідає відмови поршнів, циліндрових втулок і кришок циліндра.

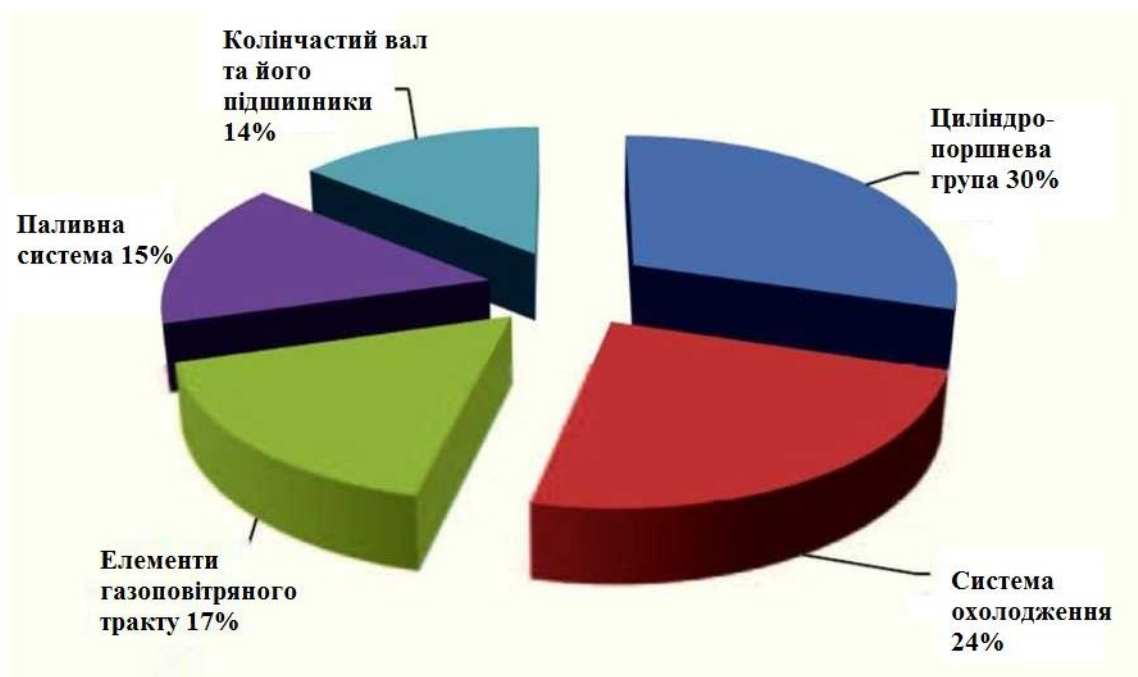


Рисунок 1.1 – Розподіл відсотка несправностей по вузлам та системам дизеля

У той же час в експлуатації знаходиться велика кількість тепловозів з несправностями, які можна віднести до «прихованих» відмов (або приватних відмов): перепал палива, низька ефективна потужність, нерівномірність розподілу потужності по циліндрах. Як правило, це пов'язано з погіршенням технічного стану паливної апаратури, механізму газорозподілу, циліндропоршневої групи, елементів газоповітряного тракту дизеля і т.д.

Стан дизеля значно впливає на експлуатаційні витрати палива. Як показує практика, поліпшення якості роботи елементів паливної апаратури, механізму газорозподілу та циліндропоршневої групи дозволяє знизити питому витрату палива на 2-4%.

До основних причин, що погіршують надійність і економічність роботи дизеля в експлуатації, відноситься нерівномірність розподілу навантаження по циліндрах, розрегулювання фаз паливоподачі та газорозподілу, погіршення технічного стану паливної апаратури, механізму газорозподілу та циліндропоршневої групи, наявність великої кількості відкладень у газоповітряному тракті та закоксованість лопаток турбіни.

Виявлення вищевказаних несправностей та їх причин можливе у широкому діапазоні міжремонтних періодів експлуатації тепловозів. Однак з низки причин (недостатня увага до технічного стану силової установки, порушення технології експлуатації та обслуговування, перепробіги, відсутність або недостатньо ефективне використання засобів контролю та діагностики) на сьогоднішній день тепловози працюють із незадовільними показниками на лінії.

Уникнути цього можна, використовуючи методи та засоби, що дозволяють проводити діагностичний контроль технічного стану в ході технічного обслуговування або періодичних поточних ремонтах.

Таким чином, своєчасне проведення моніторингу технічного стану силових установок тепловозів без установки на пункт реостатних випробувань (тобто без застосування стаціонарних засобів діагностування) може виявити на ранній стадії несправності та вжити заходів щодо їх усунення.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						15
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

1.4 Тепловозний дизель як об'єкт діагностування

У технічній діагностиці безліч вхідних та вихідних сигналів об'єкта діагностування прийнято називати "основними діагностичними параметрами" (сигналами), т.к. їх використання при діагностуванні обов'язково та достатньо для оцінки працездатності та визначення технічного стану. Внутрішні стани є сукупністю додаткових діагностичних параметрів і використовуються для локалізації відмови та прогнозування працездатності тепловоза.

Основні причини несправності паливної апаратури високого тиску тепловозних дизелів, що часто виникають, можна звести до наступних:

- несвоєчасне та некваліфіковане технічне обслуговування;
- порушення режимів експлуатації дизеля;
- використання палива низької якості та порушення у роботі фільтрів;
- природний знос прецизійних пар, що труться.

Якщо врахувати загальновідомий факт, що максимальний відсоток відмов тепловозних дизелів посідає паливна апаратура (до 70%), стає очевидним, що у загальному обсязі витрат основну частину становлять паливна апаратура. При нормальній експлуатації зазвичай дотримуються всі основні нормативно-технічні вимоги та правила виконання ТО та поточного ремонту.

З іншого боку, реальна експлуатація часто характеризується умовами, коли окремі агрегати, і двигун у цілому експлуатуються до часткової втрати працездатності без проведення достатніх профілактичних заходів.

Так, за статистичними даними, в умовах реальної експлуатації порівняно з нормальною кількістю відмов найменш надійних складових частин паливної апаратури дизеля може збільшитися за такими, явно вираженими ознаками:

- закоксування розпилювача форсунки, порушення рухливості голки, зниження тиску впорскування (в 5-9 разів);
- розрегулювання ПНВТ, знос плунжерних пар та нагнітальних клапанів (у 6-7 разів).

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Кінцевим результатом оцінки технічного стану є стратегія технічного обслуговування за станом, тобто, за результатами діагностування.

Проведені дослідження показали, що за результатами оперативного діагностування паливної апаратури можливе зниження реальних втрат на 20-25% та збільшення терміну служби тепловозного дизеля до наступного ремонту на ті самі 20-25%. Така експрес-діагностика технічного стану паливної апаратури, що виконується в міжремонтний період, дозволить своєчасно виявити несправності, наприклад, форсунки багатociліндрового дизеля. Наступна заміна або регулювання форсунки (розкоксовування розпилювача, притирання, регулювання тиску впорскування) дозволить заощадити 50-75 кг палива для чергового технічного обслуговування або ремонту [7].

Основними результатами такої оцінки технічного стану будуть:

1. Оцінка технічного стану дизеля тепловоза та видача рекомендацій щодо прийняття рішень щодо подальшого проведення технічного обслуговування або ремонту;
2. Економія від витрат прогресуючих витрат на паливозмащувальні матеріали;
3. Попередження серйозних відмов силової установки тепловоза.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		17

2 ПРИНЦИПИ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАТИВНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ, ЩО ВРАХОВУЮТЬ СПЕЦИФІКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ

На сьогоднішній день відомо понад 50 різних діагностичних систем та комплексів контролю транспортних силових установок у т.ч. тепловозних, суднових, автотранспортних [8]. У даному розділі роботи на основі структури та функціональних можливостей розглянутих діагностичних засобів обрано класифікаційні критерії та проведено класифікацію, на основі якої визначено типаж та сформульовано вимоги до системи оперативної діагностики.

Існує безліч різноманітних за призначенням, вартістю, конструкцією та принципом дії технічних засобів, призначених для контролю технічного стану як силової установки тепловоза в цілому, так і окремих її агрегатів. Аналіз структури та функціональних можливостей сучасних засобів та систем діагностики показав, що всі розглянуті системи умовно можна розділити на три великі групи (див. рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Системи діагностики силових установок

програмним забезпеченням; ББ - базовий блок, отримує вимірювальні сигнали від КК по єдиному каналу та передає на ПК; КК - комутаційна коробка, отримує сигнали від основних датчиків та поєднує їх у єдиний канал; БЖ - блок живлення, що забезпечує живлення вимірювальних каналів датчиків у КК; РРВ - розетка реостатних випробувань, що підключається до роз'єму реостатних випробувань тепловоза; ДЧО – датчик частоти обертання; ДТН – датчик температури надувного повітря; ДДН – датчик тиску надувного повітря; ДТР – датчик виходу рейки ТНВД; ДЧ ОТК – датчик частоти обертання ротора турбокомпресора; ДТВГ – датчик температури випускних газів циліндрів дизеля.

Сучасні системи такого типу мають від 10 до 30 датчиків, довжину сполучних кабелів близько 30 м, вага комплекту приблизно 50-80 кг і дозволяють контролювати до 50 параметрів.

2.1.2 Портативні системи діагностування

До складу переносних систем входять:

- базовий блок, що включає комп'ютер промислового виконання зі спеціалізованим програмним забезпеченням та енергонезалежною пам'яттю, дисплей, панель управління, блок живлення від зовнішньої мережі, блок власних елементів живлення для автономної роботи, захисний корпус або кейс;
- набір датчиків для вимірювання основних контрольованих параметрів;
- сполучні кабелі.

Системи такого типу мають від 3 до 5 датчиків, довжину сполучних кабелів близько 10 м, вага комплекту 10-15 кг і дозволяють контролювати від 5 до 20 параметрів.

На основі аналізу структури та функціональних можливостей портативних систем була розроблена принципова схема устрою систем портативного типу, вказана на рис. 2.3: ЗК – захисний корпус; ППК-переносний промисловий комп'ютер; БЕЖ – блок елементів живлення; ДТт ГВТ – датчик температури в газоповітряному тракті; ДТ ГВТ – датчик тиску в газоповітряному тракті; ДЧО –

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						20
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

датчик частоти обертання; ДПГФ - датчик положення голки форсунки (датчик тиску палива форсунки).

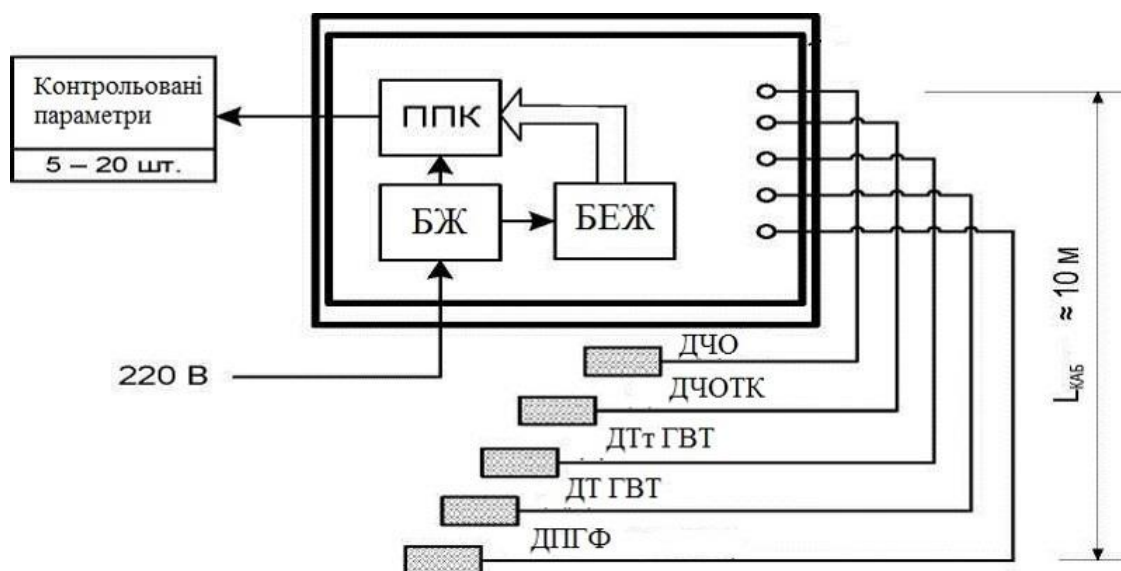


Рисунок 2.3 – Портативні системи.

До складу таких систем входять портативний прилад, що забезпечує вимірювання та аналіз основних параметрів, що діагностуються, комп'ютер з програмою моніторингу, що містить базу даних і виконує ряд операцій аналізу сигналів і обробки результатів, а також експертна або автоматична програма діагностики, що обробляє отриману діагностичну інформацію.

2.1.3 Мобільні системи

За способом одержання та обробки діагностичної інформації мобільні системи відносяться до типу систем розділеного моніторингу. Основною ідеєю розділеного моніторингу ДВЗ є розбиття системи на два функціональні модулі:

- модуль отримання даних та попереднього розрахунку параметрів у режимі реального часу - апаратна частина системи;
- модуль розрахунку та аналізу робочого процесу не в режимі реального часу – зовнішнє програмне забезпечення.

Передача даних між модулями здійснюється за послідовним інтерфейсом USB або RS-232.

									Арк.
									21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата				6.273.190535.ПЗ	

Завданням модуля є отримання даних від датчиків, встановлених на двигуні, попередній розрахунок та відображення на внутрішній екран основних контрольованих параметрів.

Розрахунковий модуль виконує послідовне вирішення задач синхронізації даних, що надходять від модул. отримання даних та попереднього розрахунку параметрів у режимі реального часу і, потім, розрахунку та аналізу діагностичних показників.

До складу апаратної частини мобільних систем розділеного моніторингу входить компактний вимірювальний модуль на базі мікроконтролера, що має власну енергонезалежну пам'ять, органи управління, елементи живлення, вказівного дисплея, електронних датчиків (до 3-х шт.) та з'єднувальних проводів невеликої довжини (не більше 1, 5 м).

Програмна частина систем розділеного моніторингу є зовнішнім програмним забезпеченням, побудованим на базі сучасних математичних моделей і працюючим під управлінням ОС Windows. Такі системи дозволяють контролювати від 10 до 20, а в деяких випадках і більше параметрів.

На основі аналізу структури та функціональних можливостей мобільних систем була розроблена принципова схема влаштування систем мобільного типу, зазначена на рис. 2.4: МК – мікроконтролер; АБ – акумуляторна батарея; ПК – персональний комп'ютер; РМ - розрахунковий модуль, зовнішнє програмне забезпечення, яке встановлюється на ПК; МРЧ – модуль реального часу; ДТЦ – датчик тиску в циліндрах; ДТПФ - датчик тиску паливної форсунки; ВД – вібродатчик.

Система моніторингу дизельних двигунів була створена на базі системи DEPAS, створеної в лабораторії «Моніторингу суднових ДВЗ» кафедри «Судові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету (ОНМУ), керівник професор Варбанець Р.А., призначалася для випробувань та оцінки стани суднових дизелів. Пізніше спеціалістами кафедри «Електропоїзди та локомотиви» МІТУ система була успішно адаптована для тепловозних силових установок та отримала назву Система моніторингу дизельних двигунів (СМДД).

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

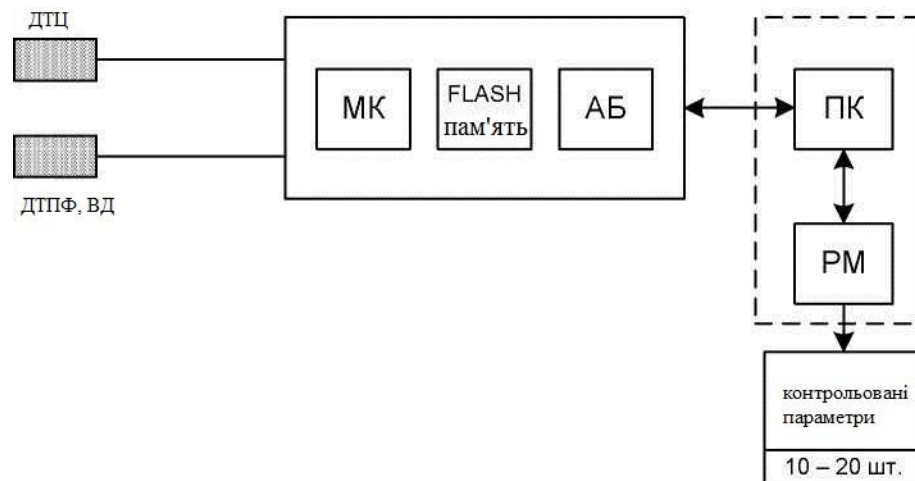


Рисунок 2.4 – Мобільні системи

Система моніторингу СМДД призначена для отримання максимально повної інформації про ефективність роботи дизеля та стан його паливної апаратури та механізму газорозподілу.

До стандартного складу комплексу входить: переносний блок збору даних; вібродатчик VS-20; датчик тиску PS-16; програмне забезпечення та документація.

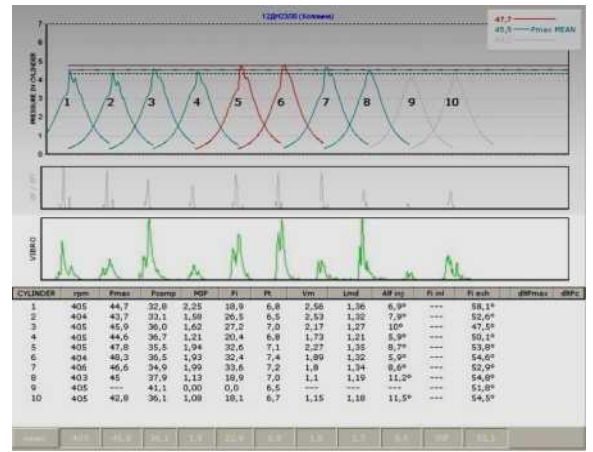
Система СМДД може бути використана на будь-яких дизельних енергетичних установках, у тому числі на локомотивах, самохідному рухомому складі та стаціонарних установках (див. табл. 2.1, рис. 2.5).

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики системи СМДД

Аналого-цифровий перетворювач	Датчик тиску PS-16	Вібродатчик VS-20
Контрастний дисплей RS – 232 інтерфейс Час автономної роботи – 10 годин Габарити: 130×80×40 мм Вага: ≈ 0,5 кг Живлення: 6VDC (4 × А1)	Діапазон вимірів: 0 – 16 МПа Макс. похибка: ≤ 1,5 % Макс. робоча температура: 350 оС Інтервал калібрування: 3 роки Вага 1 кг. Встановлюється на стандартний індикаторний кран, W27×1/10	Діапазон вимірів: 0,1 ÷ 18 kHz Смуга пропуску: 1,0 kHz Максимальна робоча температура: 90 °С Датчик має магнітну основу



a



b

Рисунок 2.5 – Система моніторингу дизельних двигунів СМДД:

a – модуль реального часу; *b* – розрахунковий модуль

Система моніторингу дозволяє визначити:

- параметри індикаторної діаграми;
- параметри паливоподачі;
- фази газорозподілу;
- вібродіаграми роботи форсунки та клапанів;
- температуру випускних газів за циліндрами;
- розкид потужності по циліндрах.

Аналіз вібродіаграм паливної апаратури та механізму газорозподілу разом з індикаторною діаграмою робочого процесу значно розширює область параметрів, що спостерігаються. Діагностика технічного стану робочого циліндра виконується не тільки за діаграмою тиску газів, як це досі прийнято в більшості аналогічних комп'ютерних систем, але й по найважливіших процесах паливоподачі та газорозподілу.

Система виконана в міцному корпусі, датчик тиску на армованому кабелі винесено на зручну відстань. Система керується однією кнопкою із чіткою фіксацією. Загальна вага системи із датчиками менше 2 кг. Ємності стандартних батарей (4xAA) вистачає приблизно 10 годин роботи.

Комплекс має:

- високу мобільність;

- простоту в експлуатації;
- невисоку вартість;
- можливість застосування широким колом спеціалістів;
- обмежений обсяг інформації в момент діагностування;
- повний розрахунок робочого процесу та звіт виконуються на зовнішньому комп'ютері.

2.1.4 Вимірювачі та тестери

Вимірювачі та тестери спроектовані у вигляді портативних пристроїв, що дозволяють визначати обмежену кількість параметрів (як правило, від 1 до 5) та мають вузькоспеціалізовану спрямованість.

По пристрої всі існуючі прилади такого типу умовно можна розділити на дві групи:

- Механічні – мають пристосування для приєднання до місця вимірювання, у деяких випадках пристрій для подачі тестової дії, а також вимірювальний прилад механічного типу, наприклад, манометр (див. рис. 2.6).

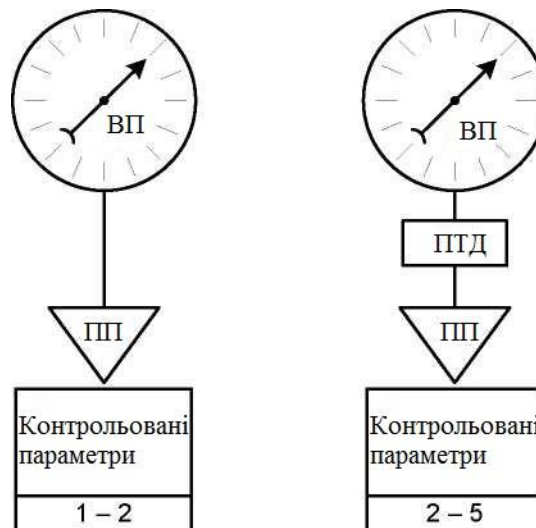


Рисунок 2.6 – Вимірювачі та тестери механічні: ВП – вимірювальний прилад; ПП – приєднувальний пристрій; ПТД - пристрій подачі тестової дії

- Електронні – виконані у вигляді компактного вимірювального модуля на базі мікроконтролера, що має власну енергонезалежну пам'ять та елементи

вимірювальні блоки; модулі концентрації; власний блок живлення; центральний бортовий комп'ютер, який здійснює обробку та накопичення даних; дисплей на пульті машиніста, який відображає основні контрольовані параметри, а також сигналізацію при їхньому відхиленні від нормальних значень та при виникненні несправностей.

Також до складу деяких систем входить модуль бездротового зв'язку, який безперервно спрямовує інформацію про поточний стан тепловоза до дорожніх інформаційних центрів. Крім того, мережі бортових систем інтегруються з основними мережами тепловоза.

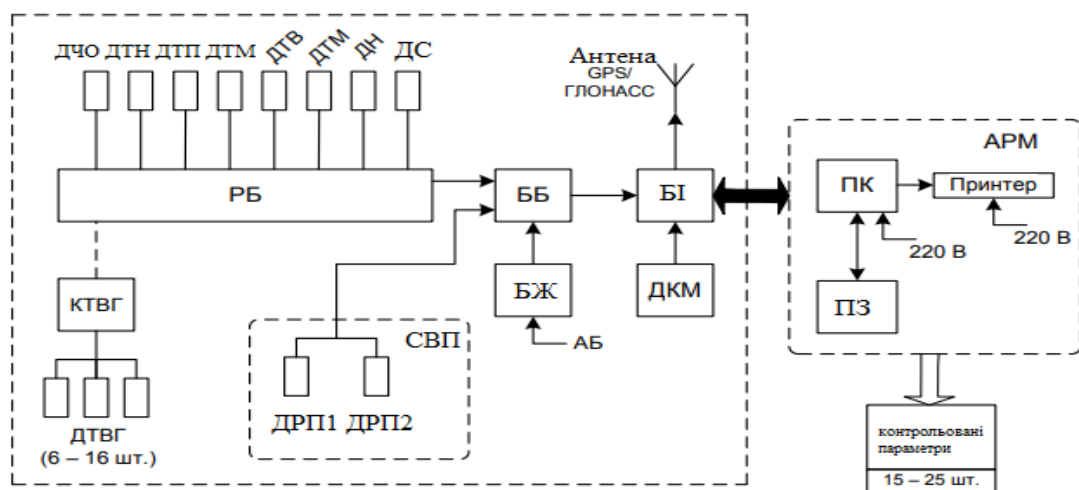


Рисунок 2.8 – Бортові системи контролю та діагностики:

АРМ – автоматизоване робоче місце; КБ – крос-блок; БІ – блок індикаторний; ББ – базовий блок, що отримує вимірювальні сигнали; БЖ – блок живлення; ДКМ – датчик контролера машиніста; СВП – система вимірювання палива; ДРП(1,2) – датчик рівня палива; РБ – розподільчий блок; ДН – датчик напруги; ДТ – датчик струму; КТВГ – контролер температури випускних газів, реєструє 1 ° випускних газів; ДЧО – датчик частоти обертання; ДТН – датчик тиску надувного повітря; ДТП – датчик тиску палива; ДТМ – датчик тиску масла в циліндрах.

До складу бортових систем входить зовнішнє програмне забезпечення – автоматизоване робоче місце (АРМ), призначене для обробки та архівування накопиченої діагностичної інформації.

Сучасні бортові системи встановлюються як на новозбудованих тепловозах, так і на існуючі тепловози на етапі модернізації.

2.2 Порівняльний аналіз систем діагностики тепловозних дизелів

Критерії оцінки існуючих засобів та систем діагностики силових установок тепловозів включають:

1. Тривалість проведення діагностування

- можливість виконання діагностування в експлуатації під час проходження ТО-1 або ТО-2;

- Виконання діагностування за час, лімітований умовами експлуатації - при проходженні ТО-3;

2. Система діагностики не повинна вимагати специфічних впливів на тепловоз, таких як:

- навантаження на реостат;

- діагностування можна робити засобами, що знаходяться на самому тепловозі;

- додаткові підготовчі роботи щодо приведення стану основних вузлів та агрегатів тепловоза, до будь-яких нормованих умов (прогрів дизеля);

3. Номенклатура діагностичних параметрів.

Система діагностики повинна забезпечувати зняття найважливіших параметрів роботи дизеля:

- індикаторна діаграма та параметри робочого процесу;

- фази паливоподачі та параметри роботи паливної апаратури високого тиску;

- фази газорозподілу та параметри роботи механізму газорозподілу;

- параметри роботи циліндропоршневої групи;

- обороти колінчастого валу дизеля;

4. Масогабаритні показники, що відповідають вимогам портативності. Невеликі розміри та вага.

5. Вартість обладнання свідомо забезпечує позитивний економічний ефект від проведення діагностичних заходів (порівняльний аналіз існуючих систем, що

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						28
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

застосовуються для діагностики тепловозних дизелів, наведено в табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Порівняльний аналіз систем діагностики тепловозних дизелів

Параметри	Стационарні системи	Переносні системи	Мобільні системи діагностики, вимірювачі та тестери	Бортові системи контролю та діагностики
Тривалість проведення діагностування				
Виконання діагностування за час проходження ТО-1 та ТО-2	-	-	+	+
Діагностування за час, лімітоване умовами експлуатації – під час проходження ТО-3	-	-	+	+
Проведення додаткових операцій перед діагностуванням				
Навантаження на реостат	+	+	+/-	-
Діагностування виконується засобами, що знаходяться на самому тепловозі	-	-	-	+
Проведення додаткових підготовчих робіт, в т.ч. щодо приведення стану основних вузлів та агрегатів тепловоза до нормованих умов	+	+	+/-	-
Номенклатура діагностичних параметрів				
Індикаторна діаграма та параметри робочого процесу	+	+	+	-
Фази паливоподачі та параметри роботи паливної апаратури	+	+	+	-
Фази газорозподілу та параметри роботи механізму газорозподілу	-	-	+/-	-
Параметри роботи циліндропоршневої групи	+/-	+/-	+/-	-
Оберти колінчастого валу дизеля	+	+	+/-	+
Масогабаритні показники, що відповідають вимогам портативності				
Розміри	-	-	+	-
Вага	-	-	+	-
Вартість обладнання свідомо забезпечує позитивний економічний ефект від проведення діагностичних заходів				
	-	-	+	+

У таблиці прийнято такі позначення: (+) - функція є, (-) - функція відсутня, (+/-) - функція реалізована частково.

Дані, наведені в табл. 2.2, показують виявлені типові функціональні можливості діагностичних систем кожного класу, що дозволяють формулювати технічні вимоги до нових систем.

Засоби оперативної діагностики повинні:

1. Забезпечувати вимірювання необхідних діагностичних параметрів, необхідних для оцінки технічного стану та визначення енергетичних, екологічних показників, а також показників надійності та ресурсу локомотива.

2. Мати високий рівень технологічності застосування: малу трудомісткість при налаштуванні, монтажі датчиків, а також при отриманні та обробці даних діагностики; досить високий рівень уніфікації для різних типів дизелів (первинна уніфікація з'єднань датчиків та контрольних точок дизелів або наявність перехідних пристроїв під кожен тип дизеля).

3. Мати достатній обсяг власної (оперативної) пам'яті залежно від обсягів вимірювань, що виконуються (величини обслуговуваного парку тепловозів, періодичності оперативного контролю).

4. Мати сучасне, компактне джерело живлення, що забезпечує виконання вимог, пов'язаних з часом безперервної роботи комплексу оперативної діагностики та обсягу виконуваних робіт (величини парку тепловозів, що обслуговується).

5. Мати достатній рівень конструктивного виконання, що забезпечує високі показники надійності, довговічності та ресурсу: захист від впливу навколишнього середовища, перешкодозахищеність, ударостійкість.

6. Мати високі показники надійності, довговічності та ресурсу, що забезпечуються достатнім рівнем конструктивного виконання, що враховує захист від впливу навколишнього середовища, перешкодозахисність, ударостійкість тощо.

7. Мати високі показники надійності, довговічності та ресурсу.

8. Володіти високим рівнем конструктивного виконання - рівень конструктивного виконання залежить від умов навколишнього середовища

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

(атмосферні умови - температура, вологість, тиск), умови експлуатації (разові удари, вібрації, електромагнітні перешкоди), механічно надійні та перешкоднозахищені датчики, роз'єми, корпуси та проводи , відсутність проміжних перетворювачів, мінімально можлива довжина кабельних трас

9. Відповідати сучасним вимогам масогабаритних показників – діагностична система у повному комплекті має переноситися однією людиною.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						31
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

3. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ ТЕПЛОВИЗНИХ ДИЗЕЛІВ НА ОСНОВІ ЗАСОБІВ ОПЕРАТИВНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Аналіз розвитку сучасних вітчизняних та зарубіжних засобів діагностування показує, на сьогоднішній день отримують активний розвиток малогабаритні діагностичні прилади різного призначення (електромеханічні та електричні) на основі сучасних мікроконтролерів з великими обчислювальними можливостями, стандартною операційною системою, набором датчиків та приєднувальних пристроїв.

В основу запропанованої комплексної системи діагностики дизелів закладені наступні прилади та системи:

- система моніторингу дизельних двигунів СМДД;
- аналізатор герметичності циліндрів АГЦ-2;
- механотестер паливної апаратури МПА-2.

Комплексна система, представлена на рис. 3.1, є спільною розробкою кафедри «Локомотиви та локомотивне господарство» Московського державного університету шляхів сполучення, кафедри «Експлуатація мототракторного парку» Московського державного Агроінженерного університету (МДАУ) та кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету (ОНМУ), та має позитивний досвід експлуатації для діагностування автотракторних, суднових та тепловозних дизелів [9].

Головне завдання, яке вирішується за допомогою нового обладнання: визначення основних параметрів робочого процесу тепловозного дизеля безпосередньо в експлуатації, виявлення несправностей у пристроях паливоподачі та газорозподілу, циліндропоршневої групи.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						32
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

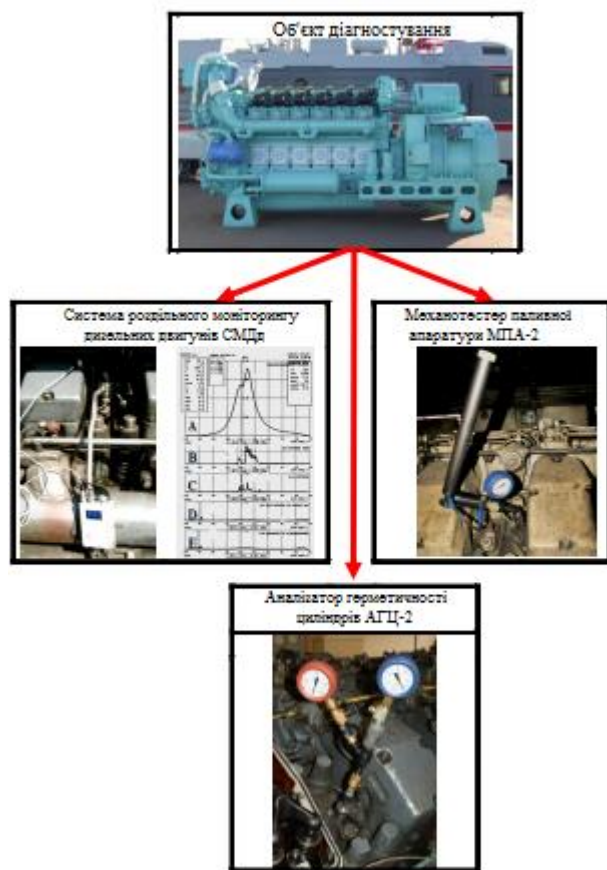


Рисунок 3.1 – Комплексна система контролю та діагностики тепловозних дизелів

3.1 Система моніторингу дизельних двигунів СМДД

Система моніторингу СМДД належить до класу систем розділеного моніторингу і сьогодні є перспективним засобом для оперативної оцінки технічного стану транспортних дизелів.

Саме прилади розділеного збору та подальшої незалежної обробки інформації дозволяють легко виробляти якісне технічне обслуговування дизеля і не допускати розвитку дефектів, що призводять до підвищеної витрати палива, а також аварій.

Спочатку система була створена в лабораторії «Моніторингу суднових ДВС» кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету (ОНМУ) і призначалася для випробувань суднових дизелів, проте потім спеціалістами кафедри «Локомотиви та локомотивне господарство» силових установок [9].

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		33

До основних контрольованих параметрів системи СМДД, насамперед, відносяться енергетичні фактори, характеристики теплової та механічної напруженості, фази паливоподачі та газорозподілу, а також загальна оцінка технічного стану двигуна внутрішнього згоряння та залишковий ресурс. Така докладна інформація щодо кожного циліндра дає можливість точного контролю потужності дизеля.

Параметри робочого процесу конкретного циліндра тепловозного дизеля визначаються за трьома інформаційними каналами (див. рис. 3.2):

- ✓ процес та фази згоряння палива;
- ✓ процеси та фази впорскування палива по ПНВТ та форсунці;
- ✓ фази газорозподілу випускного та впускного клапанів.

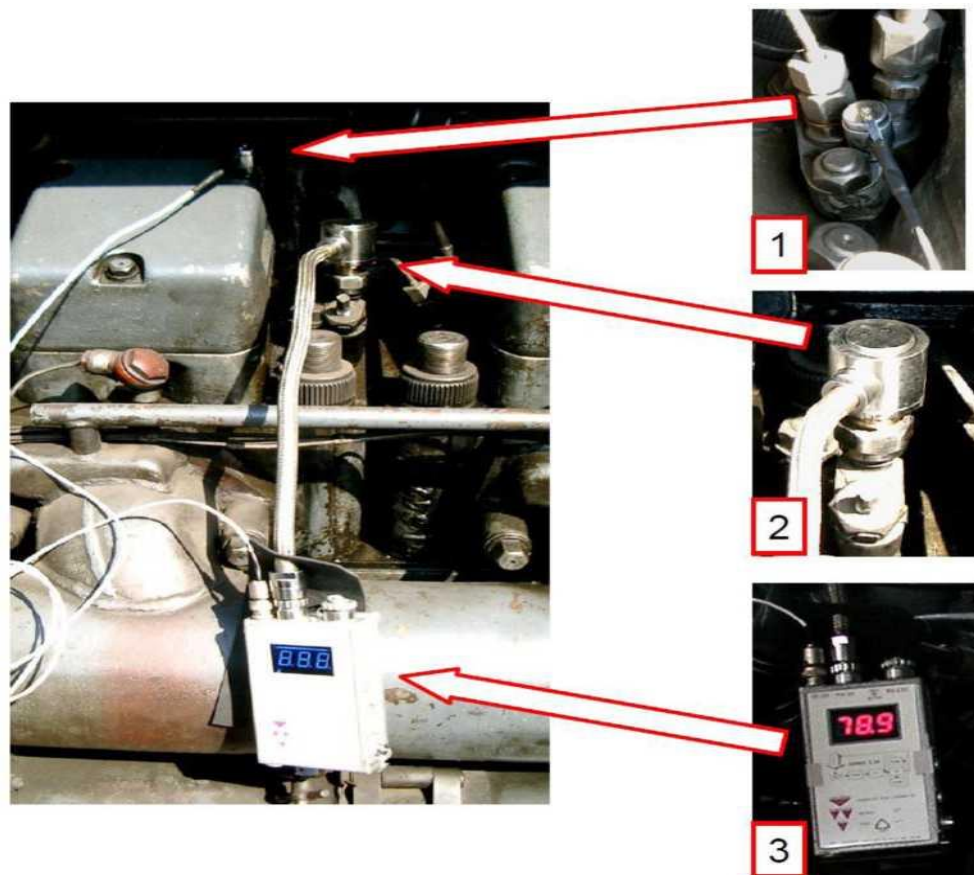


Рисунок 3.2 – Застосування системи СМДД для діагностики дизеля Д49:

1 – Вібродатчик У8-20 на корпусі форсунки (визначення дійсних фаз паливоподачі), та на правому болті кришки циліндрів (визначення фаз газорозподілу); 2 – датчик тиску Р8-16 на індикаторному крані; 3 – модуль збору даних.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		34

Застосування вібродатчика, на відміну традиційних способів запису параметрів роботи паливної апаратури, дозволяє вирішити відразу кілька завдань (див. рис. 3.3):

- ♦ виключити попередню підготовку до діагностування, встановлення додаткових датчиків у паливну систему;
- ♦ проводити більш детальну оцінку роботи паливної апаратури, за рахунок зняття вібродіаграми роботи форсунки або ПНВТ, більш інформативною порівняно з діаграмами ходу голки форсунки або тиску палива;
- ♦ проводити оцінку роботи механізму газорозподілу за фазами та вібродіаграми роботи випускного та впускного клапанів.

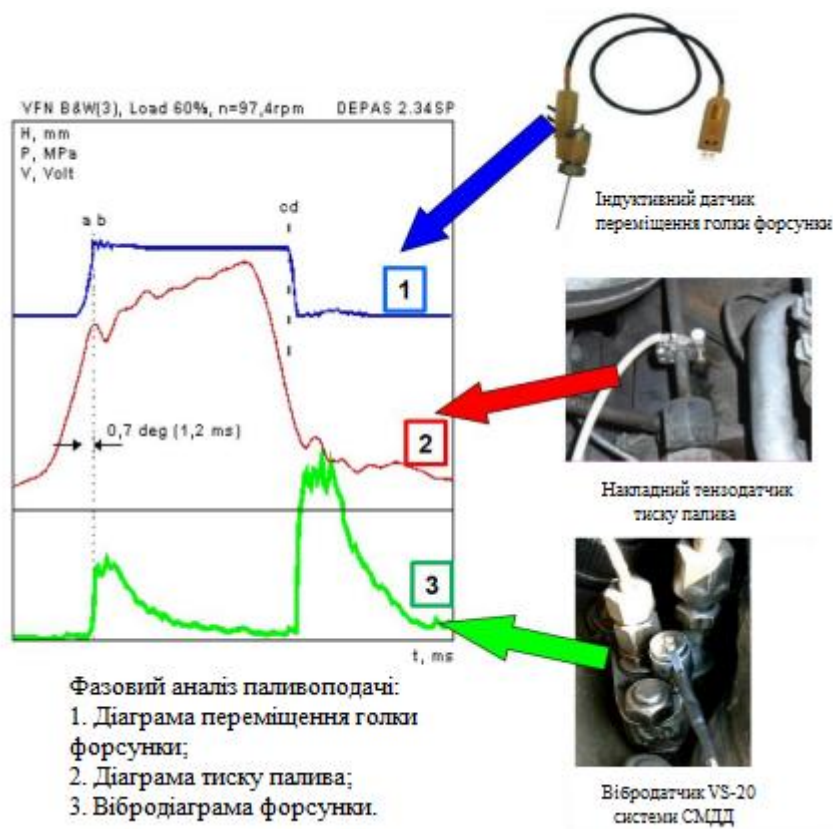


Рисунок 3.3 – Сигнали від датчиків різних типів під час діагностування паливної апаратури

Система дозволяє проводити моніторинг робочого процесу двох та чотирьохтактних дизелів (у всіх діапазонах частот обертання з роздільною здатністю не менше 0,5 градусів повороту колінчастого валу). Використано унікальний високоефективний алгоритм «безфазової синхронізації» - визначення

«мертвих точок» (ВМТ і НМТ), а також подальша синхронізація отриманих даних без використання датчиків, що встановлюються на маховику двигуна.

Алгоритм, що використаний у системі, автоматично враховує вплив скручування колінчастого валу на навантаженому двигуні, а також автоматично враховує вплив невідповідності між дійсним становищем ВМТ та маркування її на маховику, що виникає внаслідок помилок вимірювання та маркування. Крім того, алгоритм враховує вплив кінцевої швидкості проходження хвилі тиску в каналі індикаторного крана (від камери згоряння до мембрани датчика тиску).

Великою перевагою системи є те, що діагностування параметрів паливоподачі та газообміну відбувається без безпосереднього впровадження додаткових датчиків у паливну систему високого тиску та механізм газорозподілу.

Вимірювання проводяться на режимі холостого ходу, а також режимах часткових (25%, 50-70% та повних навантажень при навантаженому на реостат дизелі у тепловозів з електричною передачею та стоповому режимі у тепловозів з гідравлічною передачею).

Запропонований поділ функцій системи моніторингу дизелів тепловозів СМДД дає можливість спростити інтерфейс системи та здешевити її вартість.

Найбільш важливий та трудомісткий процес аналізу отриманих даних провадиться за результатами банку відомостей, отриманих статистичним шляхом. Виявленню та аналізу подаються такі несправності:

1. Уповільнена подача палива:

- пошкодження форсунки або сопла розпилювача;
- низька якість палива (якщо аналогічні дані по всіх циліндрах).

2. Мале випередження подачі палива:

- знос прецизійних деталей ПНВТ;
- підтікання нагнітального клапана ПНВТ;
- надмірне зношування або пошкодження сопла форсунки.

3. Негерметичність робочої камери стиснення:

- знос або пошкодження поршневих кілець;

						Арк.
					6.273.190535.ПЗ	36
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

- підгоряння головки циліндра;
- нещільність клапанів газорозподілу;
- можливе зниження тиску наддуву (якщо такі дані по всіх циліндрах).

Система СМДД відрізняється:

- високою мобільністю;
- простотою експлуатації;
- невисокою вартістю;
- сферою застосування для різних типів та серій транспортних двигунів;
- обмеженим обсягом інформації у момент діагностування;
- повним розрахунком робочого процесу лише на зовнішньому комп'ютері.
- коротким зв'язком переносного приладу та датчиків;
- автономне живлення на 10 год безперервної роботи;
- застосуванням адаптованих програм ПЗ Windows.

У табл. 3.1 наведені відомості про параметри, що діагностуються системою СМДД.

Таблиця 3.1 – Параметри робочого процесу контрольовані системою СМДД

Параметри	Основні	Додаткові
Середній індикаторний тиск	+	
Циліндрова індикаторна потужність	+	
Частота обертання колінчастого валу двигуна	+	
Максимальний тиск стиснення	+	
Максимальний тиск згоряння	+	
Тиск на лінії розширення	+	
Кут, що відповідає максимальному тиску згоряння	+	
Максимальна швидкість наростання тиску при згоранні	+	
Ступінь підвищення тиску	+	
Тиск початку згоряння	+	
Кут випередження початку згоряння	+	
Справжній кут початку подачі палива	+	
Кут тривалості подачі палива		+
Оцінка технічного стану форсунки		+
Визначення фаз газорозподілу:		
❖ випускного клапана		+
❖ впускного клапана		+
Оцінка технічного стану механізму газорозподілу		+
Тиск у будь-якій точці діаграми		+
Кут та час затримки займання палива		+

3.2 Механотестер паливної апаратури МТА-2

Механотестер призначений для оцінки технічного стану форсунок (див. табл. 3.2), нагнітальних клапанів та плунжерних пар паливного насоса високого тиску при технічному обслуговуванні тепловозів.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики МТА-2

Тип пристрою	Переносний, механічний, універсального застосування
Максимальне зусилля на важелі, кгс	13,7
Ємність резервуару для палива, л	0,132
Межі вимірювання тиску палива, кгс/см ²	0...400
Подача плунжерної пари, см ³	0,59
Робоча рідина	дизельне паливо
Габаритні розміри, мм, не більше	187x394x60
Маса, кг, не більше	3,0

Механотестер складається з корпусу, рукоятки-резервуару, манометра та перехідника (див. рис. 3.4). У середині корпусу встановлені плунжерна пара, нагнітальний клапан та пружина нагнітального клапана.

На корпусі механотестера встановлено дросельний кран, що забезпечує скидання тиску з порожнини нагнітальної. Для видалення повітря із системи паливоподачі механотестера на корпусі є спеціальний корок. Робоча рідина заливається в рукоятку та подається в порожнину плунжерної пари через трубопровід.

Механотестер дозволяє зробити: перевірку якості розпилювання палива, оцінку гідроцільності розпилювача; визначити тиск початку упорскування палива; оцінку гідроцільності нагнітальних клапанів та гідроцільності плунжерних пар ПНВТ.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		38

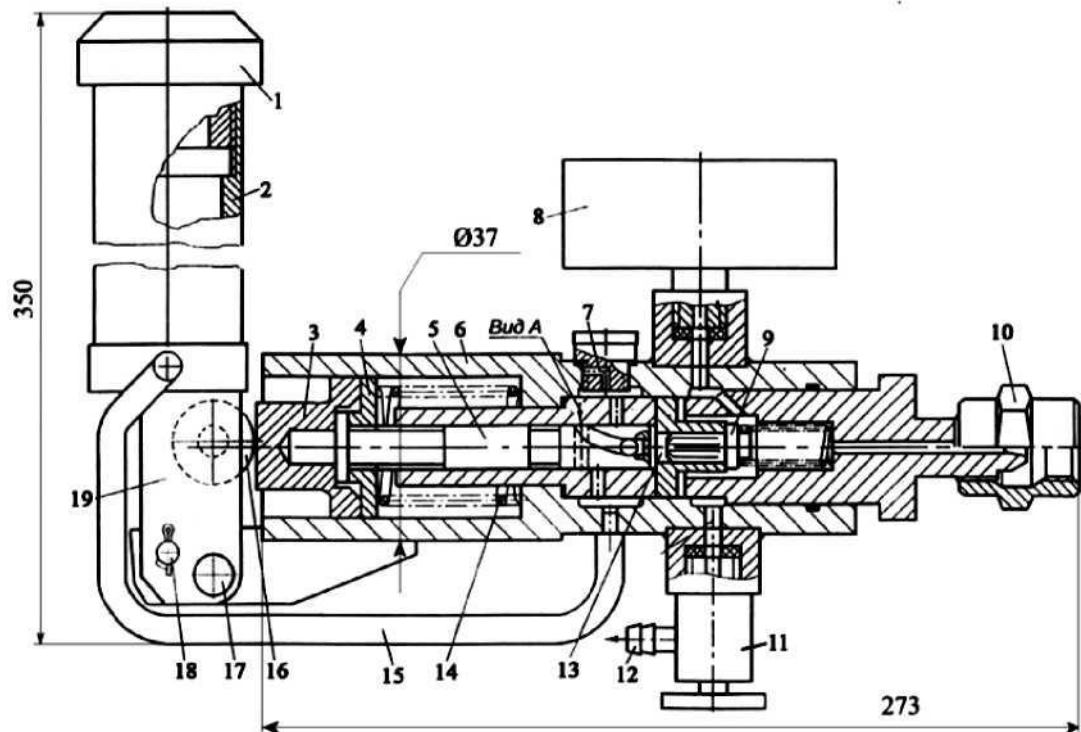


Рисунок 3.4 – Механотестер паливної апаратури МТА-2: 1 – заглушка бачка;
 2 – ручка бачка; 3 – штовхач; 4 – тарілка пружини; 5 – плунжерна пара;
 6 – корпус; 7 – дросель плунжерної пари; 8 – манометр; 9 – нагнітальний
 клапан; 10 – гайка сполучна; 11 - дросель нагнітального клапана; 12 – штуцер;
 13 – тарілка клапана; 14 – пружина зворотна; 15 – патрубок паливопідвідний;
 16 – ролик; 17 – вісь; 18 – стопор; 19 – куліса у зборі.

Несправності паливної апаратури, що виявляються:

1. Несправності форсунок:

- погана якість розпилу палива;
- розрегулювання тиску упорскування, злам пружини;
- підтікання через зависання голки в корпусі розпилювача та порушення щільності по поясу ущільнювача.

2. Несправності ТНВД:

- знос плунжерної пари та нагнітального клапана;
- заклинювання плунжера у гільзі;
- пропуск палива між деталями, що сполучаються.

3.3 Аналізатор герметичності циліндрів АГЦ-2

Прилад АГЦ-2 призначений для обслуговування двигунів внутрішнього згоряння (бензинових чи дизельних). Аналізатор дозволяє визначати стан окремих циліндрів ДВЗ, у тому числі компресійних та маслознімних кілець, знос дзеркала циліндра, герметичність впускних та випускних клапанів. Основні технічні дані приладу АГЦ-2 наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики АГЦ-2

Тип пристрою	переносний
Клас точності манометра	2,5
Кількість параметрів, що перевіряються, од.	2
Габаритные размеры, мм	250x100(45)x40
Маса (без ПК), кг, не більше	1,0
Середня трудомісткість діагностування 1-го циліндра (включаючи підготовчі роботи), чол/година: - дизельного двигуна - бензинового двигуна	0,25 0,15
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1
Середній ресурс, годин, не менше	1500
Робочі умови експлуатації: - Температура навколишнього простору в період вимірювання, град. С ⁰ - відносна вологість, % не більше	10-30 90
Примітка. Дорогоцінні метали у пристрої відсутні.	

Аналізатор складається з наступних елементів (див. рис. 3.5): корпусу 1, в якому розміщений клапанний механізм, що складається з вакуумного клапана 2 і рухомого елемента 4. Випускний клапан має стопорну гайку 5, що фіксує рухомий елемент 4 в режимі відключення (перекриття) клапана. Кришка корпусу 7 та корпус клапана 3 з вакуумним каналом, з'єднані з вакуумметром 8 та зрівняльним клапаном 6.

Під'єднання АГЦ-2 до циліндра, що перевіряється, здійснюється через форсуночний отвір за допомогою перехідного пристрою.

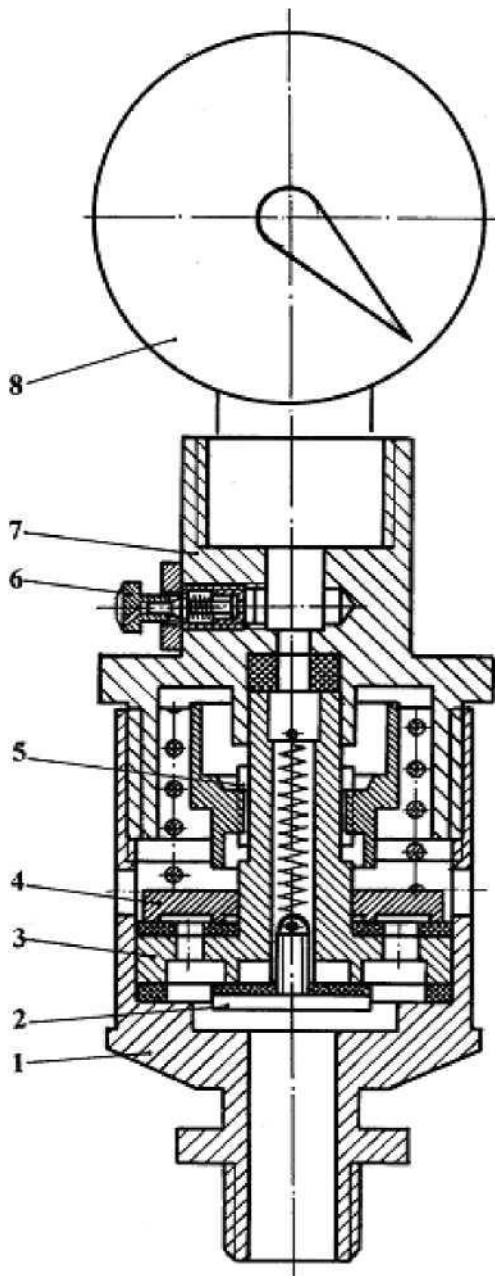


Рисунок 3.5 – Схема та загальний вигляд діагностичного приладу АГЦ-2

За рахунок своєчасного виявлення дефектів складових елементів циліндропоршневої групи Аналізатор дозволяє виключити необґрунтовані повнокомплектні ремонти циліндропоршневої групи (ЦПГ), повніше використовувати ресурс.

									Арк.
									41
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	6.273.190535.ПЗ				

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вимоги охорони праці при обслуговуванні тепловоза на деповських коліях і порядок постановки тепловоза в депо, ПТОЛ

4.1.1. Перед технічним обслуговуванням тепловоза на деповських коліях необхідно переконатися в тому, що на тепловозі приведено в дію ручне гальмо, під його колісні пари (з внутрішньої сторони двовісного візка або з двох сторін колеса середньої колісної пари тривісної візки) підкладені гальмівні башмаки, а по обидва боки тепловоз огорожений переносними сигналами у вигляді прямокутних щитів червоного кольору "Стій!".

Забороняється закріплення локомотива дерев'яними клинами і іншими предметами.

4.1.2. Випробування і регулювання звукових сигналів слюсар повинен проводити на вулиці.

4.1.3. Слюсарю забороняється: мати і застосовувати особисті реверсивні рукоятки контролера машиніста; підніматися на дах тепловоза, що знаходиться на електрифікованих коліях, або на неелектрифікованих коліях під проводами повітряної лінії електропередачі (далі - ПЛ) до зняття напруги з контактної мережі і високовольтних ліній та встановлення заземлення.

4.1.4. Перед постановкою тепловоза в ремонт на ПТОЛ для технічного обслуговування або поточного ремонту секції охолоджувальних пристроїв тяговий генератор, колекторні камери електричних машин і апаратів продуваються стисненим сухим повітрям 0,2 - 0,3 МПа (2-3 кгс/см²). При виконанні цієї роботи необхідно використовувати захисні окуляри, респіратори, навушники або беруші.

Забороняється в зоні обдування стисненим повітрям тепловоза проведення інших видів робіт.

4.1.5. Під час введення (виведення) тепловоза в депо, ПТОЛ штори воріт цеху повинні бути повністю відкриті і надійно закріплені, висувні консоли

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						42
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

(пиноли) домкратів прибрані, а отвори технологічних майданчиків (оглядових естакад) перекриті знімними огорожами з табличками " Не входити". При цьому слюсар повинен знаходитися на безпечній відстані (не менше 2 метрів) від рухомого складу за межами місць, відмічених знаком «Обережно! Негабаритне місце!».

4.1.6. При постановці в цех депо, ПТОЛ секції тепловоза повинні повністю поміщатися всередині цеху.

Роз'єднання секцій тепловоза повинно проводитися при знеструмлених електричних ланцюгах і під наглядом майстра (бригадира).

4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

4.2.1. Перед початком проведення робіт по ремонту (огляду) тепловоза у ремонтному цеху депо, ПТОЛ слюсар повинен візуально переконатися в закріпленні локомотива ручним гальмом і гальмівними башмаками, від'єднанні від тепловоза кабелів стороннього джерела живлення тягових електродвигунів.

4.2.2. Між розчепленими секціями тепловоза оглядові канави і приямки повинні бути перекриті перехідними містками шириною не менше 0,6 м.

4.2.3. Перед проведенням робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту тепловоза температура води і масла в системах повинна бути знижена до 40-50°C.

4.2.4. При роботі на даху тепловоза, що стоїть на колії або ремонтних позиціях, які не мають огорожених підвищених майданчиків на рівні даху рухомого складу, слюсар повинен використовувати запобіжний пояс і захисну каску, а при роботі в обмеженому просторі (під кузовом, в дизельному приміщенні тепловоза) - каскетку. При виконанні робіт на зниженому майданчику оглядової канави, а також робіт з використанням вантажопідіймальних механізмів, необхідно використовувати захисну каску.

4.2.5. При знаходженні на даху тепловоза забороняється переходити (перебігати, перестрибувати) з секції на секцію тепловоза.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						43
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

При відкручуванні і закручуванні болтів рух ключа слід направляти до себе, при цьому стояти обличчям до краю даху, не допускаючи падіння інструменту і деталей.

Забороняється тримати на даху тепловоза зайві деталі і інструменти.

4.2.6. Знаходження в оглядовій канаві працівників, не пов'язаних з обслуговуванням і перевіркою технічного стану подкузовного обладнання тепловоза, забороняється.

4.2.7. Слюсарю забороняється виконувати ремонтні роботи на тепловозі при виконанні робіт по обточуванню колісних пар і вібраційної діагностиці вузлів локомотива.

4.2.8. При підйомі (спуску) по сходах на технологічні майданчики з підвищенням працівник повинен триматися за поручні обома руками.

Під час підйому (спуску) на підвищені майданчики перебувати на сходах шириною до 1,5 м більше однієї людини заборонено.

4.2.9. Інструмент і деталі необхідно піднімати і опускати з майданчиків з використанням вантажопідіймальних механізмів, на мотузці, тросі або в сумках через плече.

При подачі за допомогою мотузки інструменти і деталі необхідно прив'язувати до середини, а другий кінець мотузки повинен знаходитися в руках у працівника, що стоїть внизу, який утримує предмети, що піднімаються, від розгойдування.

Допускається передавати мелкогабаритний інструмент і деталі з рук в руки за умови, що висота технологічного майданчика не перевищує росту працівника, який перебуває внизу.

Забороняється підкидання будь-яких предметів для подачі на гору.

4.2.10. При ремонті екіпажної частини тепловоза автогальма повинні бути відключені, а повітря з пневмосистеми випущено.

4.2.11. При усуненні витоків повітря в з'єднаннях апаратів, резервуарів і пристроїв, що знаходяться під тиском повітря, їх слід відключити від повітряної

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						44
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

магістралі і випустити повітря. При виконанні цих робіт слюсар повинен використовувати рукавиці і захисні окуляри.

Забороняється відвертати заглушки, крани, клапани та штуцери пневматичних приладів у резервуарів, що знаходяться під тиском.

4.2.12. Перед зміною гальмівних колодок, черевиків і інших деталей важільної гальмової передачі необхідно перекрити роз'єднувальний кран на повітропроводі, що підводить повітря від гальмівної магістралі до повітророзподільника або роз'єднувальний кран на підвідному воздухопроводі до гальмівних циліндрів візки (візків), і випустити повітря з гальмівних циліндрів. Перед зміною пневматичних приладів або повітряних резервуарів - перекрити роз'єднувальним краном підведення повітря до підлягає зміні пневматичним приладів, повітряним резервуарів і випустити повітря з повітряних резервуарів.

4.2.13. Перед зміною кінцевого крана, стоп-крана, роз'єднувального крана, що підводить трубки розподільника повітря і запасного резервуара або з'єднувального рукава гальмівних циліндрів ГМ секції тепловоза слід роз'єднати від джерела живлення перекриттям кінцевих кранів гальмівної магістралі і випустити з неї повітря.

Для зміни з'єднувального рукава гальмівного циліндра відключити гальмівний циліндр від джерела живлення можна також перекриттям роз'єднувального крана воздухопровода.

Перед зміною з'єднувального рукава гальмівної магістралі секції тепловоза необхідно перекрити його кінцевий кран і кінцевий кран суміжного з'єднувального рукава і потім їх роз'єднати.

4.2.14. При ремонті гальмівного обладнання під кузовом тепловоза слюсарю забороняється перебувати навпроти штока поршня гальмівного циліндра і торкатися до голівки штока поршня.

4.2.15. Перед роз'єднанням головки штока поршня гальмівного циліндра і горизонтального важеля гальмівної важільної передачі слід вимкнути повітророзподільник, випустити повітря з запасного резервуара, двокамерного

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						45
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

резервуара розподільника повітря, перекрити роз'єднувальний кран на воздухопроводі до гальмівних циліндрів і випустити повітря з гальмівних циліндрів. Виймка і установка поршня гальмівного циліндра повинні проводитися за допомогою спеціального обладнання.

4.2.16. Для розбирання поршня після роз'єднання його з гальмівним циліндром необхідно: кришкою циліндра стиснути пружину, вибити штифт головки штока, зняти шток і кришку, поступово відпускаючи пружину до повного її разжаття. Збірка і розбирання поршня гальмівного циліндра повинна проводитися за допомогою спеціального обладнання.

4.2.17. При складанні і регулюванні гальмової важільної передачі і ресорного підвішування візка для суміщення отворів в тязі, балансирах, важелях і інших деталях слюсар повинен використовувати борідки і молоток. Контролювати збіг отворів пальцями не допускається.

4.2.18. Перед випробуванням гальм роботи по ремонту екіпажної частини тепловоза повинні бути припинені.

4.2.19. Перед випробуванням гальмівного обладнання на стенді необхідно перевірити справність роботи приладів, затискачів, запірної арматури, якість з'єднання з магістраллю стисненого повітря. Обладнання, що випробовується, повинно бути зафіксовано.

4.2.20. Обмивку освітлювальним гасом або бензином, обдувку повітрям і протирання деталей гальмівного обладнання серветками слід проводити при включеній витяжній вентиляції. При цьому для захисту обличчя та рук необхідно використовувати захисний лицьовий щиток і гумові рукавички.

4.2.21. Перед ремонтом компресора на тепловозі слюсар повинен переконатися, що повітря з напірної магістралі і повітряних резервуарів тепловоза випущено.

Під час ремонту компресора на тепловозі забороняється проводити будь-які роботи в картері дизеля при не розібраної сполучної муфті.

4.2.22. При викочуванні колісно-моторних блоків з-під тепловоза на скатоопускной канаві слюсар зобов'язаний керуватися Інструкцією по

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		46

експлуатації скатопідйомника і технологічними документами по зміні колісно-моторного блоку.

Перед викочуванням колісно-моторного блоку з-під тепловоза на скатоопускной канаві необхідно:

- встановити тепловоз так, щоб викочується колісна пара перебувала в центрі скатопод'ємника;

- під колісні пари тепловоза необхідно підкласти гальмівні башмаки, а викочують колісну пару закріпити дерев'яними клинами з твердих порід дерева, виготовленими у вигляді рівнобедреного трикутника з основою 350 мм, висотою 100 мм, кутами при підставі 30° і товщиною 50 мм, або гальмівними башмаками;

- підкласти під тяговий електродвигун колісної пари, що викочується, спеціальну балку або підставити домкрат;

- стиснути технологічними болтами або спеціальними скобами пружини траверсів підвішування тягового електродвигуна і ресорні пружини у бігосів візків або заклинити ресорное підвішування у щелепних візків.

Забороняється перебувати на скатопідйомнику в момент опускання колісно-моторного блоку вантажопідйомним механізмом, а так само при русі скатопідйомника.

4.2.23. Підйом (опускання) кузова повинен проводитися по команді майстра (бригадира), який спостерігає за одночасної роботою домкратів і відсутністю перекоосу кузова.

4.2.24. Перед підйомом кузова тепловоза (далі - кузова) необхідно відцентрувати домкрати по опорах на рамі кузова. На опорні поверхні домкратів покласти прокладки з твердих порід дерева (берези, дуба, бука, клена, ясена, горобини, кизилу або граба) товщиною 30 - 40 мм, що збігаються по площі з опорами на рамі кузова.

4.2.25. Перед підйомом і опусканням кузова слід переконатися, що на його даху, усередині кузова і під кузовом немає людей.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		47

4.2.26. Підйом або опускання кузова необхідно проводити одночасно всіма чотирма домкратами.

4.2.27. До управління домкратами допускаються працівники, які пройшли навчання у встановленому порядку, які мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче II і призначені наказом начальника депо.

4.2.28. Для контролю за підйомом або опусканням домкратами кузова біля кожного домкрата повинен знаходитися виділений для спостереження за його роботою слюсар, який при виявленні збою в роботі домкратів або перекосу рами кузова при його підйомі (опусканні) повинен подати сигнал для зупинки домкратів.

4.2.29. Під час підйому і опускання кузова, а також на піднятому кузові до постановки під нього візків або тумб забороняються будь-які роботи на тепловозі.

4.2.30. Якщо в процесі підйому кузова потрібно від'єднати окремі деталі на візках або під кузовом (або переконатися в від'єднанні), підйом кузова необхідно проводити в наступному порядку:

- підняти кузов на 50-100 мм;
- застопорити штоки домкратів запобіжними гайками, а при використанні домкратів без запобіжних гайок необхідно під обв'язувальні (бічні) швелери рами кузова підвести тумби або поставити спеціальні розвантажувальні стійки під консолі домкратів (під консолі домкратів з електричним приводом постановки розвантажувальних стійок не потрібно);
- від'єднати або переконатися в від'єднанні кабелів тягових електродвигунів, струмовідних пристроїв, повітро - і пескопроводов, вентиляційних патрубків і захисних чохлах головних і бічних опор, підвіски кузова і гасителів коливань;
- підняти кузов для забезпечення вільної викочування візків;
- видалити з-під кузова тумби (з-під консолей домкратів розвантажувальні стійки) і викотити візки, переконавшись в тому, що їх пересування нікому не загрожує;

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						48
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

- опустити кузов на висоту, що забезпечує нормальні умови при обслуговуванні підкузовного обладнання.

4.2.31. При виробництві зварювальних робіт кузов тепловоза необхідно заземлити.

4.2.32. Забороняється:

- піднімати кузов домкратами пляшкового типу;
- перебувати в оглядовій канаві під візком, на візку і на шляху його руху при викочуванні (підкатці);

- розміщувати вузли і агрегати, зняті з тепловоза, в безпосередній близькості від візків, що пересуваються.

4.2.33. При викочуванні візків з підключенням його тягового двигуна до стороннього джерела живлення, місце з'єднання кабелів необхідно ізолювати. Напруга від стороннього джерела живлення повинна подаватися після приєднання його кабелю до тягового електродвигуна, а зніматися до від'єднання кабелю.

Викочування (підкочування) візків, подачу і зняття напруги на тяговий електродвигун від стороннього джерела живлення необхідно проводити по команді майстра (бригадира).

4.2.34. Перед розбиранням коліскового підвішування візків пружини підвісок повинні бути розвантажені. Працювати з пружинами коліскового підвішування на гідравлічних пресах під навантаженням необхідно із застосуванням захисного кожуха.

4.2.35. Зняття (установку) автозчеплення повинні робити два слюсаря з використанням вантажопідйомного механізму, стоячи на перехідному містку оглядової канави по різні боки автозчеплення. Після зачеплення головки автозчеплення трьохгілковим стропом або обв'язання її однією стропом, відповідно до схем стропування, автозчеп слід підняти вантажопідйомним механізмом, вивести його хвостовик з вікна стяжного ящика рами кузова і дати команду кранівнику на підйом і переміщення автозчеплення. Потім перенести і встановити автозчеплення на стелаж для відправки в ремонт.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						49
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

4.2.36. Зняття і установку фрикційного апарату автозчеплення необхідно проводити за допомогою спеціального підйомника (гвинтового або гідравлічного).

Зняття гайок з двох останніх болтів кріплення підтримуючої планки фрикційного апарату (розташованих по діагоналі) слід проводити після установки і підтискання її за місцем підйому.

Опускання фрикційного апарату в зборі з тяговим хомутом необхідно проводити обережно, не допускаючи його перекосу і заклинювання між упорами стяжного ящика. При цьому слюсар повинен знаходитися ззаду фрикційного апарату, притримуючи його рукою.

4.2.37. Розбирання і складання фрикційного апарату необхідно робити на спеціальному стенді.

4.2.38. Натирання і підфарбовування лобовій частині кузова, заміну скла прожектора, лобового скла і склоочисників кабіни управління слід виконувати з спеціального риштування.

4.2.39. Роботу по зміні лобового скла повинні проводити не менше двох працівників. Видавлювання несправного лобового скла необхідно проводити з кабіни управління з використанням дерев'яного бруска.

Забороняється проводити видавлювання скла руками.

Роботи по заміні стекол слід проводити в рукавицях і захисних окулярах.

4.2.40. Виконання фарбувальних робіт деталей, механізмів і великогабаритних конструкцій в цеху із застосуванням фарбопульта допустимо, якщо інші роботи не проводяться, працівники видалені з приміщення і включена витяжна механічна вентиляція. Фарбування необхідно проводити в респіраторі, захисних окулярах, головному уборі і фартуху.

4.2.41. Сушка забарвлених деталей в сушильній камері повинна проводитися при включеній витяжній вентиляції.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						50
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У дипломній бакалаврській роботі проведено аналіз технології роботи та технології діагностування тепловозного дизеля.

Аналіз основних причин непланових ремонтів тепловозів показав, що значна частина (30 %) випадків посідає ДГУ.

При існуючій системі планово-попереджувального ремонту діагностика та оцінка технічного стану силових установок тепловозів проводиться після планових великих видів ремонту, а також при регламентних реостатних випробуваннях після непланового ремонту.

На підставі проведеного аналізу основних проблем технічного стану ДГУ можна зробити висновок, що значна частка відмов та несправностей виявляється у міжремонтні періоди.

У зв'язку з достатньою складністю та трудомісткістю проведення діагностичного контролю за допомогою стаціонарних систем, а також з обмеженим часом проведення ТО та ТР діагностування технічного стану дизелів тепловозів проводиться недостатньо ефективно і, у ряді випадків, не періодично.

У той же час дані експлуатації ДВЗ свідчать про те, що підвищення ефективності їх роботи може бути досягнуто шляхом моніторингу технічного стану локомотива в процесі його експлуатації та вживання необхідних заходів щодо підтримки технічного стану основних елементів дизеля на високому рівні.

Розроблено комплексну систему оперативної діагностики тепловозного дизеля, що використовує результати індикування параметрів робочого процесу в циліндрі дизеля, вимірювання та діагностики циліндропоршневої групи, паливної апаратури та механізму газорозподілу та відповідні технічні пристрої.

Запропонований поділ функцій системи моніторингу дизелів тепловозів СМДД дає можливість спростити інтерфейс системи та скоротити її вартість.

Однією з істотних переваг системи є те, що діагностування параметрів паливоподачі та газообміну відбувається без безпосереднього впровадження

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						51
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

додаткових датчиків у паливну систему високого тиску та механізм газорозподілу.

У цій роботі розроблено план впровадження нового технологічного обладнання з метою підвищення продуктивності праці, охорони навколишнього середовища та підвищення механізації технологічних процесів.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		52

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методи нерозбірного діагностування дизелів при експлуатації рухомого складу / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, О. Я. Децюра, Д. В. Черняєв // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 41. – С. 56–60.

2. Боднар, Б. Є. Визначення методу фільтрації сигналу нерівномірності частоти обертання колінчастого вала дизеля / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – № 1. – С. 113–118.

3. Болжеларський, Я. В. Удосконалення нормування витрати дизельного палива маневровими тепловозами : авт. дис. к. т. н.: 05.22.07 / Я. В. Болжеларський ; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2007. – 21 с.

4. Ляшук, В. М. Удосконалення засобів та методів автоматичного контролю та діагностування тепловозів з гідродинамічною передачею: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / В. М. Ляшук; Дніпр. ін-т інж. залізничного трансп. - Дніпропетровськ, 1988. - 18 с.

5. Соколов Б. П. Удосконалення технології обкатувальних випробувань тепловозних дизелів після капітального ремонту: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / Б. П. Соколов; Дніпро. ін-т інж. ж.-д. трансп. - Дніпропетровськ, 1983. - 19 с.

6. Белова, О.Є. Призначення гарантійних термінів експлуатації з урахуванням аналізу їх показників надійності: дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / Белова Олена Євгенівна. – Санкт-Петербург, 2016. – 269 с.

7. Балабін, В.М. Комплексна система управління технічним станом транспортного, машинобудівного та енергетичного обладнання [Текст]/В.М. Балабін, В.З. Какоткін, І.І. Лобанов // Праці XII науково-практичної конференції «Безпека руху поїздів», жовтень 2011 р. – М.: МІПТ, 2011.

8. Заїкін, О.М. Удосконалення системи технологічної діагностики тепловозних дизелів [Текст]/О.М. Заїкін, І.І. Лобанов, В.М. Балабін, // Праці VII

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						53
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

науково-практичної конференції «Наука транспорту», квітень 2006 - М.: МІПТ, 2006.

9. Варбанець, Р.А. Діагностичний контроль робочого процесу судових дизелів в експлуатації: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.05.03 / Варбанець Роман Анатолійович. – Одеса: 2010, – 39 с.

10. Митрофанов О. С. Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін. – Миколаїв : видавець Торубара В.В., 2018. – 152 с.

11. Марченко А. П. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 1: Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин: підручник / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов; ред.: А. П. Марченко, А. Ф. Шеховцов. – Харків: Прапор, 2004. – 384 с.

12. Марченко А. П. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 2 : Доводка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин : підручник / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов ; ред.: А. П. Марченко, А. Ф. Шеховцов. – Харків : Прапор, 2004. – 288 с.

13. Марченко А. П. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 3 : Комп'ютерні системи керування ДВЗ : підручник / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов ; ред.: А. П. Марченко, А. Ф. Шеховцов. – Харків : Прапор, 2005. – 344 с.

14. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників. Т. 4. Основи САПР ДВЗ. / За ред. проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. – 428 с.

15. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 5 : Екологізація ДВЗ / А. П. Марченко, І. В. Парсаданов, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, А. Ф. Шеховцов ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – 2-ге вид. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – 348 с.

16. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.6. Надійність ДВЗ. / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф Шеховцова. – Харків: Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
						54
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

17. Двигуни внутрішнього згорання: Методичні вказівки до курсового проектування. / Укладачі Б.Є. Боднар та інші. - Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2010.

18. Двигуни внутрішнього згорання: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / Дніпропетр. держ. техн. універ. залізн. трансп.: Укладач. Б.Є. Боднар, О.М. Гончаров, Я.В. Болжеларський, – Львів, 2001. – 46с.

19. Залізниця світу в ХХІ столітті: Монографія / За заг. ред. Г.М. Кірпи. - Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 224с.

20. Дьомін Ю.В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). – К.: Юнікон-Прес, 2001. – 342с.

21. Кірпа Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему: Монографія. - 2-ге вид., переробл. і допов. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. імені акад. В. Лазаряна, 2004. – 248с.

					6.273.190535.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		55