

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет “*Транспортна інженерія*”

Кафедра “*Локомотиви*”

“ДО ЗАХИСТУ”

Зав.кафедрою _____ Борис БОДНАР

“ _____ ” _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи *магістра*

на тему: “**Впровадження засобів діагностування паливної апаратури
тепловоза ЧМЕЗ**”

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

Виконав: студент групи *ЛГ2221*

_____ Олег КРИКУН

Керівник _____ Олександр ОЧКАСОВ

Нормоконтролер _____ Людмила КОЛОДІЙ

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

Студент _____

Дніпро, 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет "Транспортна інженерія"

Кафедра "Локомотиви"

"ДО ЗАХИСТУ"

Зав.кафедрою Б. Боднар Борис БОДНАР

" 19 " 01 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи *магістра*

на тему: "Впровадження засобів діагностування паливної апаратури
тепловоза ЧМЕЗ"

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

Виконав: студент групи ЛГ2221

О. Крикун Олег КРИКУН

Керівник А. Очкасов Олександр ОЧКАСОВ

Нормоконтролер Л. Колодій Людмила КОЛОДІЙ

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

Студент О. Крикун

Дніпро, 2024

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

Faculty “*Transport engineering*”

Department “*Locomotives*”

Explanatory Note
to Master’s Thesis

master

on the topic: “**The implementation of diagnostic tools for the fuel system
of locomotive ChME3**”

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

Done by the student of the group *LG2221*:

Oleg KRYKUN

Scientific Supervisor: Oleksandr OCHKASOV

Normative controller: Liudmyla KOLODII

Dnipro, 2024

Український державний університет науки і технологій

Факультет «*Транспортна інженерія*», кафедра «*Локомотиви*»

Спеціальність 273 «*Залізничний транспорт*»

за ОП «*Локомотиви та локомотивне господарство*»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри «Локомотиви»

_____ Борис БОДНАР

« ____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу на здобуття ОС «*магістр*»

студенту групи *ЛГ2221*

Крикуну Олегу Олександровичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «**Впровадження засобів діагностування паливної апаратури тепловоза ЧМЕЗ**»

затверджена наказом від «17» січня 2023 р № 31ст

2. Термін подання студентом закінченої роботи «12» січня 2024 р

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: проектно-конструкторська документація паливної системи тепловоза ЧМЕЗ

4. Перелік креслень (демонстративного матеріалу)

- 1) Схема паливної системи тепловоза ЧМЕЗ.
- 2) Діаграми що відображують роботу паливної системи тепловоза.
- 3) Вплив несправностей паливної апаратури на робочий процес
- 4) Функціонально логічна-модель паливної системи.

- 5) Результати розрахунку інформативності перевірок контрольних точок системи.
- 6) Граф пошуку несправності в паливній апаратурі.
- 7) Обладнання для діагностування паливної апаратури.

5. Перелік питань до розробки та термін виконання

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Обсяг розділу, %
Системи технічного діагностування дизелів	28.11.2023	30
Моделювання несправностей паливної апаратури.	19.12.2023	30
Впровадження засобів діагностування паливної апаратури Засоби діагностування паливної системи.	09.01.2024	40

Студент _____

Олег КРИКУН

Керівник роботи _____

Олександр ОЧКАСОВ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛІВ.....	
1.1 Принципи побудови систем технічного діагностування	
1.2 Особливості діагностування дизеля	
1.3 Засоби і методи діагностування дизеля в експлуатації	
2 МОДЕЛЮВАННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ.....	
2.1 Характеристика засобів моделювання ДВЗ.....	
2.2 Моделювання режимів роботи дизеля в справному стані на номінальній потужності та під навантаженням	
2.3 Моделювання режимів роботи дизеля при несправності паливної апаратури на номінальній потужності та під навантаженням.....	
3 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ	
3.1 Способи діагностування паливної апаратури.....	
3.2 Розробка алгоритму діагностування паливної системи дизеля K6S310DR	
4 ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ	
4.1 Технічні характеристики датчика вібрації.....	
4.2 Технічні характеристики датчика тиску	
4.3 Технічні характеристики реєстратора	
4.4 Розробка технології діагностування	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	
Додаток А Результати розрахунку інформативності перевірок.....	

					<i>0032.220260.000.01MP.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Крикун			Впровадження засобів діагностування паливної апаратури тепловоза ЧМЕЗ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Очкасов					5	
Реценз.								
Н. Контр.		Колодій						
Затверд.		Боднар						
						УДУНТ, ЛГ2221		

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему: «Впровадження засобів діагностування паливної апаратури тепловоза ЧМЕЗ». Загальний обсяг проекту 7 креслень і 72 аркушів розрахунково-пояснювальної записки, яка складається чотирьох розділів, містить 14 рисунків, 14 таблиць, список літератури з 13 джерел.

Об'єкт дослідження: процес діагностування паливної апаратури тепловозів серії ЧМЕЗ.

Мета дослідження: Зменшення витрат на експлуатацію, підвищення надійності та забезпечення безпеки тепловозів шляхом впровадження засобів технічного діагностування.

Робота спрямована на підвищення надійності та оптимізацію обслуговування тепловозів, враховуючи сучасні вимоги транспортної системи. У магістерській роботі досліджено ефективність діагностування паливної апаратури тепловозів, визначаючи ключові аспекти їх надійності та функціональності. Вибір вібраційного методу для діагностування, без зняття паливної апаратури, обґрунтований його високою ефективністю. Розроблена діагностична функціонально-логічна модель та алгоритм пошуку несправностей дозволяють точно визначати проблемні вузли. Пропонований переносний прилад для діагностування в депо, заснований на датчиках тиску, визначає новий підхід, забезпечуючи швидке та надійне діагностування без необхідності демонтажу форсунок.

Галузь застосування: експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ТЕПЛОВОЗ, ДІАГНОСТУВАННЯ, ПАЛИВНА АПАРАТУРА, ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ, ІНФОРМАТИВНІСТЬ ПЕРЕВІРОК

Арк.

0032.220260.000.01МР.ПЗ

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

ВСТУП

В сучасних умовах ефективного функціонування та надійна робота транспортних засобів, особливо тепловозів, є критично важливими аспектами для забезпечення нормального функціонування транспортної системи. Одним із ключових елементів, який визначає ефективність та безперебійність роботи дизельного двигуна тепловоза, є його паливна апаратура.

Аналіз методів та засобів діагностування паливної апаратури дизелів підтверджує необхідність розробки та впровадження ефективних методів, які дозволяють проводити діагностування без зняття паливної апаратури з дизеля. Вибір вібраційного методу для діагностування паливної апаратури є обґрунтованим і вказує на його високу ефективність та можливість визначення несправностей без втручання у роботу двигуна.

Однією з ключових складових розробленого методу є діагностична функціонально-логічна модель, що дозволяє ідентифікувати вузли паливної апаратури, які потребують уваги під час діагностування. Алгоритм пошуку несправностей, побудований на основі розрахунку інформативності перевірок, надає засоби ефективного виявлення та вирішення проблем.

Пропозиція використання переносного приладу для діагностування паливної апаратури в умовах депо, який базується на параметрах датчиків тиску відсічного палива та тиску в трубці високого тиску, визначає новий підхід до роботи з паливною системою. Розроблена технологія діагностування з використанням цього пристрою дозволяє забезпечити надійність та швидкість діагностування без необхідності демонтажу форсунок.

Отже, дана магістерська робота присвячена розробці та дослідженню ефективних методів та засобів діагностування паливної апаратури тепловоза, спрямованих на підвищення надійності та оптимізацію процесу обслуговування транспортних засобів.

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛІВ

1.1 Принципи побудови систем технічного діагностування

Існує безліч принципів, по яких здійснюється класифікація систем. Розглянемо класифікацію, що дозволяє диференціювати системи технічного діагностування залежно від класу дизелів і вимог, що пред'являються до них в експлуатації. В основу такої класифікації покладено розділення на два види діагностування:

– функціональне, що передбачає діагностичний контроль обладнання без виведення його з експлуатації. В якості контрольних призначають експлуатаційні режими роботи обладнання;

– тестове, що передбачає виведення діагностованого об'єкта з експлуатації і контроль параметрів установки при подачі на неї спеціального зовнішнього впливу.

Для функціональних систем виділяють дві групи їх виконання: в першій групі (базовій) збір інформації ведеться на установці, а обробка – на ЕОМ, що розташована у відриві від установки; у другій групі (бортовій) збір і обробка інформації відбуваються безпосередньо на установці. Залежно від групи системи тривалість інтервалу експлуатації між діагностуваннями різна. При базовій системі технічного діагностування проведення робіт здійснюється за регламентом через значні проміжки часу. Система технічного діагностування, розташована на борті тепловоза, дозволяє збільшити частоту проведення діагностичного контролю.

В системі технічного діагностування застосовують універсальні і спеціалізовані, вбудовані і знімні засоби діагностування. Порівняльна простота і доступність засобів зі знімними пристроями вимірювання сигналів стала причиною розробки і застосування методів непрямой оцінки технічного стану енергетичних установок по термогазодинамічних параметрах. Однак

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшення обсягу діагностичної інформації про технічний стан установки вимагає

застосування нових оригінальних методів і спеціальної діагностичної апаратури.

Застосування децентралізованої модульної системи технічного діагностування дозволяє здійснювати оцінку стану окремих локальних об'єктів (вузлів або агрегатів дизеля). Перевага модульних принципів апаратурної реалізації полягає в тому, що при цьому можна розміщати модулі в будь-якому місці машинного відділення і, крім того, відпадає необхідність у наявності ЕОМ. Кожний з модулів містить мікропрограму і будується за принципом датчик (група датчиків) – мікромодуль – засіб представлення інформації. При необхідності модулі можуть бути скомпоновані в систему і виконувати різні функції, наприклад, контролювати зношення циліндро-поршневої групи, процес вприскування й ін.

Однак у випадку застосування модульної системи слід враховувати, що вона не володіє гнучкістю, властивій ЕОМ, і не здатна дати оцінку стану об'єкта діагностування в цілому. Обсяг інформації про технічний стан об'єкта і рівень її достовірності залежить від досконалості систем технічного діагностування.

Незалежно від апаратурного забезпечення обробки інформації діагностичний аналіз передбачає наступне:

- визначення відхилень вимірюваних параметрів;
- обчислення параметрів технічного стану вузлів і агрегатів дизеля і порівняння отриманих величин з їхніми еталонними значеннями;
- визначення зміни параметрів установки і економічний розрахунок доцільності проведення робіт по відновленню їх первісних значень.

В якості засобів представлення інформації в автоматизованих системах технічного діагностування застосовують цифродрукуюче обладнання, газоплазмові дисплеї, осцилоскопи та ін. В більшості застосовуваних системах технічного діагностування в окрему групу виділені засоби представлення інформації, що включаються з появою сигналу, що свідчить про аварійні

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відхилення параметрів технічного стану механізму.

1.2 Особливості діагностування дизеля

На перший погляд між надійністю і технічною діагностикою виробу немає ніякого безпосереднього зв'язку, але це не так. Розглянуті теорією надійності два стани виробів: працездатність і відмова – не відбивають усієї сукупності явищ, пов'язаних з втратою працездатності в умовах експлуатації. Модель надійності, що розглядає тільки два зазначені стани, повністю абстрагується від фізичних явищ відмови. В дійсності між станом працездатності (справності) і станом повної відмови лежить нескінченне число проміжних станів, при яких дизель здатний виконувати задану роботу зі зниженими експлуатаційними показниками. Ці проміжні стани дизеля в деякий момент часу t можуть бути охарактеризовані сукупністю параметрів R_1, R_2, \dots, R_n змінних по величині.

У природі всі відмови є поступовими. Момент часу t_e , в який відбудеться чергова відмова виробу, визначається трьома групами факторів: початковим значенням параметрів R_0 ; закономірностями реалізації резерву по параметрах, які можуть бути активними або пасивними, і змінним зовнішнім впливом $ME(t)$. Зміни параметра R від моменту часу t_0 до t_e описуються у формі диференціального рівняння

$$\frac{dR}{dt} = f(R, E), \quad (1.1)$$

де $R(t)$ – змінний технічний стан виробу.

Раптова відмова є наслідком відсутності достатньої інформації про проміжний передвідмовний стан, викликаний реалізацією резерву по параметру R до рівня, граничного з відмовою за час Δt . Наявність цього часу уможливорює

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачення відмови по контрольованому параметру R , тобто діагностування стану виробу та запобігання їй за рахунок відповідних заходів своєчасного відновлення.

Працездатність складних технічних систем вимірюється сукупністю великої кількості параметрів, частину з яких контролювати в експлуатації практично неможливо. У зв'язку з цим на практиці з усієї сукупності параметрів, що характеризують працездатність об'єкта діагностування, вибирають обмежену їхню кількість (що визначає працездатність з деякою ймовірністю) і по них діагностують стан об'єкта (дизеля). Технічне діагностування – це процес визначення технічного стану об'єкта діагностування з певною точністю із зазначенням при необхідності місця, виду й причин дефектів.

Поряд з підвищенням безвідмовності і ремонтпридатності діагностування збільшує також довговічність виробу, його ресурс, зменшує трудові витрати на обслуговування і ремонт. Боротьба за повне використання технічного ресурсу не може вестися тільки по середніх імовірнісних оцінках надійності без обліку індивідуальних якостей виробу (дизеля). Накопичувальну при діагностуванні об'єкта систематизовану інформацію можна екстраполювати і використовувати для прогнозування граничних станів (планових ремонтів) і ресурсу. Достовірність діагностування залежить від повноти знань фізичних процесів, що протікають в об'єкті.

Процес діагнозу можна розглядати як специфічний процес управління, метою якого є визначення технічного стану дизеля для цілеспрямованих управляючих впливів на керовані об'єкти (тепловози, їх дизелі й ін.). Це чітко визначає завдання технічного діагностування з позицій загальної теорії керування, як елемента АСУ на підприємстві.

Об'єкт, засоби діагностування і при необхідності виконавці, що здійснюють діагностування за правилами, встановленими відповідною документацією, утворюють систему технічного діагностування. При

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діагностуванні слід розрізняти робочі впливи, які надходять на об'єкт при його функціонуванні (функціональне діагностування), і тестові впливи на об'єкт, які подаються тільки для цілей діагностування (тестове діагностування). Системи діагностування можуть бути локальні і загальні.

Правильне комплексне застосування системи діагностування, спрямоване на підвищення надійності складних об'єктів, може дати значний техніко-економічний ефект. Досить вказати тільки на одну досягну при цьому мету – перехід від профілактики і планового (попереджувального) ремонту по пробігу (або по напрацюванню) до профілактики й ремонту за технічним станом. Створення нових або модернізація існуючих дизелів на всіх встановлених стадіях розробки повинні супроводжуватися рішенням питань забезпечення їх технічним діагностуванням. Відповідальним за забезпечення дизеля технічним діагностуванням є головний розроблювач дизеля.

Технічне діагностування стану об'єктів повинне розглядатися в одному ряді з іншими методами і засобами підвищення надійності проєктованих об'єктів. На стадії виготовлення технічне діагностування необхідне при здачі об'єкта (перевірка справності) і при його налагодженні (пошук усіх несправностей). На стадії експлуатації в період застосування об'єкта по призначенню необхідні перевірка правильності функціонування і пошук несправностей, що порушили правильне функціонування; при профілактиці (плановій або за станом) потрібні перевірка працездатності і пошук несправностей, що порушують працездатність; при ремонті необхідні пошук усіх несправностей і заключна перевірка справності; при зберіганні або після транспортування необхідні перевірка працездатності або перевірка справності і при необхідності пошук несправності об'єкта. Всі ці завдання діагностування повинні розглядатися, починаючи із процесу проєктування об'єкта.

Розробка системи діагностування дизеля і його основних агрегатів, підсистем і вузлів передбачає ряд послідовних етапів:

- а) збір і вивчення даних про характерні відмови (дефекти);

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.220260.000.01МР.ПЗ					

б) аналіз фізичних процесів, що відбуваються в об'єктах діагностування, з метою виявлення механізму, виникнення і ознак прояву пошкоджень;

в) дослідження дизеля і його складових частин як об'єктів діагностування і розробка моделей діагностування й параметрів діагностування;

г) вибір методів діагностування;

д) вибір і розробка засобів діагностування й алгоритмів діагностування;

е) розробка конструктивних вимог до об'єктів діагностування з метою забезпечення їх діагностування і розробка відповідної технічної документації;

є) розробка пристроїв спряження об'єктів і засобів діагностування (тобто пристроїв для підключення приладів);

ж) розробка експлуатаційної документації на системи діагностування;

з) випробування систем діагностування.

По параметрах кількісного визначення надійності і аналізу дефектів встановлюють ступінь необхідності застосування методів технічного діагностування до окремих вузлів, агрегатів і деталей дизеля. Це полегшує побудову моделі дизеля як об'єкта діагнозу. Дослідження дизеля як об'єкта діагностування, розробка його моделі діагностування і правильний вибір параметрів діагностування дизелів є першорядною умовою створення системи діагностування.

Дизель являє собою енергомеханічний однофункціональний об'єкт діагностування безперервної дії, який може бути представлений у вигляді блокової функціональної моделі (рисунок 1.1). Ця модель побудована на основі причинно-наслідкових зв'язків функціональних експлуатаційних параметрів дизеля в цілому (потужність – N_e , частота обертання – n_a , питома витрата палива – g_e) і функціональних параметрів його підсистем. Функціонування дизеля як енергетичного об'єкта залежить від стану робочого процесу в його циліндрах. Параметри, що характеризують робочий процес у циліндрі, з одного боку, прямо (активно) впливають на функціональні параметри дизеля в цілому, з іншого боку – характеризують роботу агрегатів повітропостачання, паливної

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апаратури й гідравлічного опору дизеля.

Функціонування дизеля як механічної системи визначається параметрами, що характеризують стани спряжених третьових пар циліндро-поршневої групи, підшипників колінчатого вала, клапанного механізму й ін. Ці параметри до певної межі не впливають на функціональні параметри дизеля (потужність, витрата палива) – вони пасивні. Однак в остаточному підсумку ці елементи й спряження визначають строки служби дизеля до відповідних граничних станів і викликають відмови. Моделлю передбачається ієрархічний порядок діагностування дизеля на трьох послідовних рівнях: по основних функціональних параметрах дизеля в цілому (I рівень); по узагальнених параметрах контролю стану робочого процесу і третьових пар (II рівень); по параметрах, що характеризують стан функціонування окремих агрегатів і вузлів, які впливають на стан робочого процесу і третьових пар (III рівень), – по елементне діагностування.

Подальша глибина діагностування є недоцільною, тому що передбачається агрегатна заміна цих вузлів у випадку їх несправності або відмови.

У діагностичній моделі дизеля як неремонтовані, замінні при першій відмові розглядаються паливні насоси і форсунки, турбокомпресори, вкладиші колінчатого вала, поршневі кільця, поршні і втулки циліндрів. Діагностичною моделлю передбачається (за результатами діагностування) можливість очищення повітроочисників і нагару у випускних трактах регулювання кута випередження впрыскування палива і виходу рейок паливних насосів, промивання турбокомпресорів, регулювання зазорів клапанів та інших регульовальних і профілактичних операцій.

Діагностування на II рівні може не проводитися, якщо результати діагностування на I рівні (вбудоване діагностування) показують відповідність дизеля технічним умовам. Відповідно діагностування на III рівні може не знадобитися за результатами діагностування на II рівні. Модель охоплює тільки

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

1	2
Домішки зношення заліза в мастилі ΔFe , г/тон	По величині збільшення від попереднього огляду
Домішки зношення міді в мастилі ΔCu , г/тон	
Домішки зношення свинцю в мастилі ΔPb , г/тон	
Тиск у системі змащення p_m , МПа	0,2 – 1,0
Характеристика вприскування палива або умовний інтегральний тиск вприскування по циліндрах $p = f(\varphi)$, МПа	18 – 100
Рівень вібрацій ν , Гц	15000 – 20000
Кут випередження вприскування палива по циліндрах θ , °п.к.в.	10 – 30
Тиск наддувального повітря p_k , МПа	0,13 – 0,3
Температура наддувального повітря після повітроохолодження t_s , °С	60 – 150
Вібрація турбокомпресора від дисбалансу ротора після промивання водою $\nu_{тк}$, Гц	4000 – 8000
Частота обертання вала турбокомпресора $n_{тк}$, с ⁻¹	167 – 500
Гідравлічний опір дизеля p_s/p_t	1,1 – 1,5
Стан циліндро-поршневої групи по інтенсивності вібрації при перекладці поршня та візуальному огляду волоконною оптикою $\nu_{п}$, Гц	2000 – 4000
Стан вкладишів колінчатого вала по нагріванню $t_{вк}$, °С	70 – 150
Стан вкладишів колінчатого вала по вібрації $\nu_{вк}$, Гц	400 – 800
Стан клапанного механізму по вібрації ν_k , Гц	8000 – 15000
Стан клапанного механізму по зазорах (щупом)	–
Стан клапанного механізму по щільності притирання (опресуванням)	–

Арк.

0032.220260.000.01МР.ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Визначення ступеня автоматизації процесів діагностування є одним з найбільш важливих питань побудови системи. Всі функції процесу діагностування з погляду можливостей взаємодії людини і автоматичних технічних засобів слід розподілити на три групи:

- а) функції тільки людини;
- б) функції тільки машини;
- в) функції як людини, так і машини.

Автоматизація процесу діагностування практично може охоплювати функції другої і третьої груп.

Обмеженість часу, що відводиться на виконання діагностування тепловозного встаткування на технічному обслуговуванні (ТО-3), є вирішальним чинником при визначенні ступеня автоматизації діагностичних процедур.

Автоматизація повинна забезпечити швидкодію, можливість суміщення окремих перевірок за часом, перехід від послідовного до паралельного виконання операцій. Максимальної автоматизації процесів діагностування перешкоджає велика складність, невисока надійність і значна вартість автоматичних систем діагностування, недостатній розвиток теорії та формалізованих методів технічного діагностування, недостатність засобів діагнозу, а також відсутність налагодженого виробництва таких засобів. Тому освоєння методів технічного діагностування необхідно починати з окремих локальних підсистем і засобів діагнозу, послідовно вдосконалюючи систему в цілому.

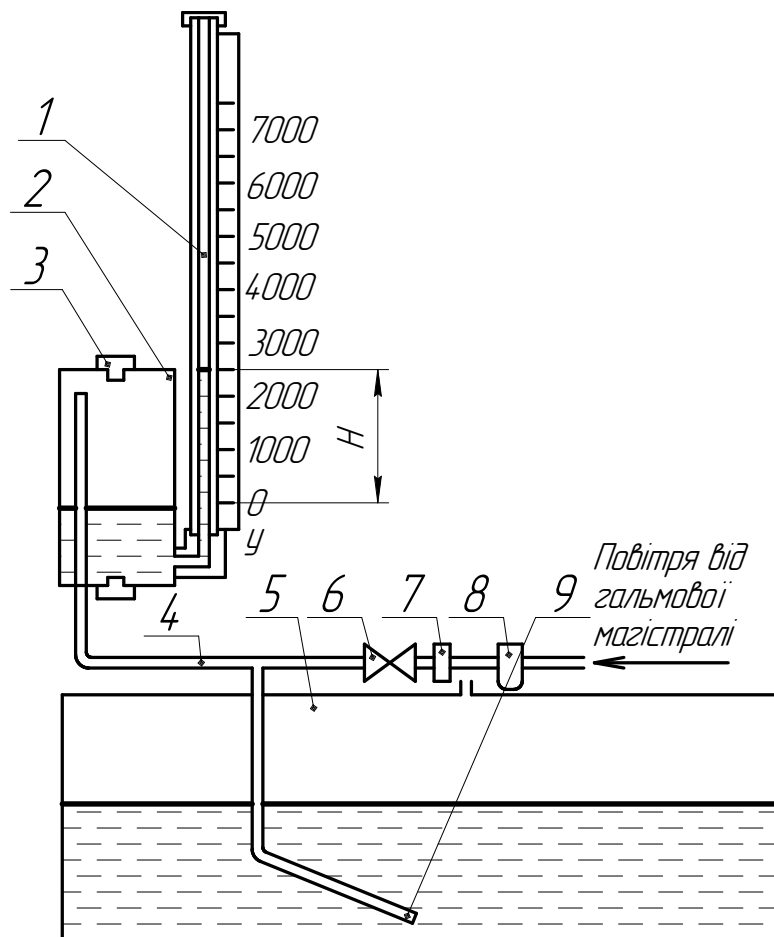
1.3 Засоби і методи діагностування дизеля в експлуатації

Для діагностування основних функціональних параметрів дизеля в експлуатації застосовуються наявні на тепловозі (вбудовані) прилади. Цими приладами контролюється потужність, частота обертання, витрати палива і

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мастила. Потужність, реалізована дизелем в експлуатації, визначається за показниками вбудованих амперметра і вольтметра, контролюючих струм і напругу тягового генератора, і може бути перерахована з врахуванням К.К.Д. генератора. Частота обертання колінчатого вала контролюється встановленим на дизелі тахометром. Витрата палива контролюється паливоміром.

На нових тепловозах 2ТЭ116, ТЭП70 і ТЭП75 встановлені гідростатичні паливоміри, що контролюють рівень палива у видатковому баці тепловоза шляхом виміру гідростатичного тиску стовпа рідини. Паливомір (рисунок 2.1) складається з показчика 1 і бачка 2, що представляють собою чашковий манометр, повітряних трубопроводів 4 і 9.



- 1 – показчик рівня палива; 2 – бачок паливоміра; 3 – пробка; 4, 9 – трубопроводи повітряні;
5 – бак паливний; 6 – кран; 7 – дросель; 8 – клапан максимального тиску

Рисунок 1.2 – Принципова схема роботи дистанційного показчика рівня палива в бакові

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

0032.220260.000.01МР.ПЗ

Бачок 2 до рівня у заповнений тим же паливом, що і бак 5 тепловоза. У порожнину над паливом бачка 2 нагнітають повітря. Через дросель 7 і кран 6 повітря надходить у трубопровід 9 і витісняє з нього паливо. Надлишкова кількість повітря іде в бак. При цьому величина сталого тиску повітря, заміряна стовпом рідини H в покажчику 1, дорівнюватиме статичному тиску стовпа палива H в паливному баці 5. Шкалу паливоміра градуують у кілограмах або літрах. Якщо паливний бачок 2 заповнений іншою рідиною, то різницю в густині з контрольованим паливом можна врахувати при таруванні приладу. Щоб усунути похибку виміру, пов'язану з можливим в експлуатації нахилом паливного бака тепловоза, кінець труби 9 необхідно розташувати в центрі бака 5. Необхідно стежити, щоб рівень палива в бачку 2 був на відмітці у покажчика. В принципі таким паливоміром нескладно обладнати будь-який тепловоз, що знаходиться в експлуатації.

При підвищенні витрати палива або зниженні потужності проти норми на черговому ТО-3 проводять діагностування дизеля на II рівні (див. рисунок 2.1) за станом робочого процесу і третювих пар методами безреостатного діагностування і експресного спектрального аналізу продуктів зношення в мастилі. Контроль за станом робочого процесу дизеля в експлуатації звичайно відсутній протягом тривалих проміжків часу, виявлення причин відхилення в робочому процесі утруднене через відсутність на тепловозах вбудованих контрольних приладів.

При планових технічних обслуговуваннях ТО-3 через обмеженість відведеного для них часу, а також внаслідок відсутності навантажувальних пристроїв реостатні випробування, як правило, не проводяться. Такі випробування передбачаються лише після середніх і капітальних видів ремонтів.

Виявлення дефектів у третювих деталях дизеля, омиваних мастилом, на ранній стадії їх розвитку повинне проводитися методом спектрального аналізу мастила. Цей метод ґрунтується на визначенні в мастилі концентрації елементів

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зношення тертьових деталей дизеля і здійснюється за допомогою фотоелектричної установки МФС-3 або установок, аналогічних їй.

Інфрачервоні промені (ІК-промені) випромінюють всі тіла, що мають температуру вище абсолютного нуля, оскільки рух молекул припиняється тільки при абсолютному нулі. Перехід атомів і молекул з одного енергетичного стану в інший, наприклад, шляхом спалювання, також супроводжується випромінюванням, що лежить здебільшого в ІЧ-області спектра. На цих явищах засноване застосування ІЧ-випромінювання для спектроскопії. Спектральним аналізом називається визначення хімічного складу речовини по положенню і відносній інтенсивності спектральних ліній випромінювання і поглинання цієї речовини. У будь-якої речовини ІЧ-спектр має цілком визначений характер. Він складається з множини окремих ліній, розділених вузькими спектральними інтервалами (рисунок 1.3) на складові по лініях хвиль.

Спектральні прилади дозволяють розкласти падаюче випромінювання в спектр, автоматично зафіксувати положення окремих спектральних ліній і виміряти інтенсивність випромінювання в певній ділянці спектра, а також окремої лінії спектра.

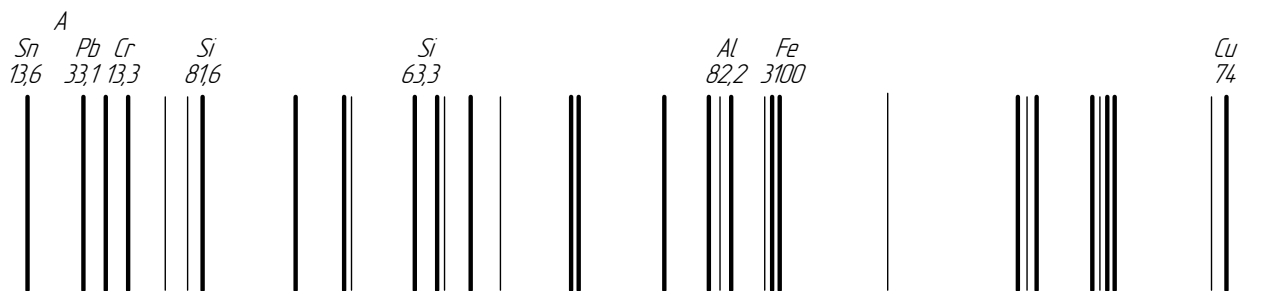


Рисунок 1.3 – Фрагмент спектра картерного мастила, отриманий на спектрографі ИСП-30

З 1996 року розпочали використовувати переносні системи випробувань DEPAS на судових, залізничних і стаціонарних дизельних установках. Накопичений великий досвід експлуатації, який дозволив створити високоефективний алгоритм «безфазової синхронізації», – визначення ВМТ,

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.220260.000.01МР.ПЗ				

НМТ і подальшій синхронізації даних, без використання датчиків на маховику.

Параметри робочого процесу визначаються по трьом інформаційним каналам: процес згорання, процес впорскування палива, фази газорозподілу.

Основним вимірювальним елементом систем є датчик тиску газів в циліндрі дизеля. Датчик проводить вимірювання тиску в циліндрі двигуна під час робочого процесу. Дані використовуються для розрахунку індикаторної потужності циліндра і визначення основних параметрів робочого процесу.

Вібродатчик є допоміжним датчиком системи. Аналіз віброімпульсів різних вузлів паливної апаратури і циліндр-поршневої групи дизеля дозволяє визначити параметри паливоподачі та газорозподіли.

Відмітною особливістю систем DEPAS є використання спеціального алгоритму для визначення верхньої мертвої точки поршня (алгоритм БФС «безфазової синхронізації»). Алгоритм був розроблений і вперше застосований в переносних системах DEPAS в 1996 році. З того часу алгоритм БФС пройшов тривале тестування на різних типах дизелів і був вдосконалений на основі аналізу великої кількості накопичених матеріалів.

Накопичений досвід роботи в області моніторингу ДВЗ дозволяє стверджувати наступне: використання алгоритму БФС при практичному відображенні ДВЗ переважніше по наступних міркуваннях.

По перше. Автоматичний облік погрешностей визначення ВМТ.

Установка фазового датчика і маркування маховика виконуються на зупиненому двигуні. Під час роботи дизеля ВМТ зміщується із-за скручування колінчастого валу (пропорційно навантаженню), крутильних коливань, зазорів в КШМ і інших чинниках, які неможливо врахувати в «статичі».

Алгоритм БФС автоматично враховує:

- вплив скручування колінчастого валу на навантаженому двигуні;
- вплив невідповідності між дійсним положенням ВМТ і маркування на маховику;
- вплив кінцевої швидкості проходження хвилі тиску в каналі

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

індикаторного крана (від камери згорання до мембрани датчика тиску).

По друге можливість проводити відображення без попередньої підготовки двигуна:

Під час роботи з системами моніторингу робочого процесу, що використовують апаратну синхронізацію, найбільш трудомістка і тривала частина налаштування системи.

У 2003 р. розроблена портативна система моніторингу робочого процесу ДВЗ - DEPAS 3.1 Handy, яка є вдосконаленим варіантом переносної системи DEPAS 2.27. DEPAS 3.1 Handy відноситься до класу систем «розділеного моніторингу»

Вона створена на базі сучасного високопродуктивного контроллера з архітектурою Pipeline і низьким енергоспоживанням, розрахованим на автономне електроживлення.

Основною особливістю системи DEPAS 3.1 Handy є те, що модуль збору даних реального часу відокремлений від розрахункового модуля («розділений моніторинг») і виконаний на базі спеціалізованого контроллера. Зв'язок між модулями здійснюється по послідовному інтерфейсу. Система дозволяє проводити моніторинг робочого процесу 2-тактних МОД і 4-тактних СОД і ВОД (у всіх діапазонах частот обертання з дозволом не менше 0,5 град. п. к. в.). У незалежній FLASH пам'яті контроллера може зберігатися до 100 сеансів відображення. Тривалість автономної роботи системи – 7 годин.

Моніторинг робочого процесу ДВЗ здійснюється по наступних основних параметрах: середній індикаторний тиск і індикаторна потужність; середній, мінімальний і максимальний тиск згорання палива в циліндрі; максимальний тиск стиснення в циліндрі і тиск почала згорання палива; середня і максимальна за вибраний період частота обертання КВ двигуна; швидкість наростання тиску і ступінь його підвищення при згоранні; фази паливоподачі (кут випередження і тривалість вприскування палива); фази газорозподілу (кутам закриття і відкриття клапанів газорозподілу), а так само деяким похідним показникам.

Відмітні особливості системи DEPAS 3.1 Handy:

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- програмне визначення ВМТ і синхронізація даних (використовується спеціальний, адаптований для МОД «алгоритм БФС безфазової синхронізації» даних, що пройшов тривале тестування в переносних системах DEPAS 2.34sp);

- фази паливоподачі і газорозподілу, а також технічний стан окремих вузлів двигуна визначаються за допомогою контактного датчика.

Використання портативної системи моніторингу дає можливість отримати наступні переваги в експлуатації ДВЗ:

- економити паливо, за рахунок точного регулювання паливної апаратури і механізму газо-розподілення;

- збільшити міжремонтний період експлуатації і скоротити витрати на обслуговування ДВЗ;

- в значній мірі підвищити безпеку експлуатації судових дизелів.

Система DEPAS SC 1.6 дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг параметрів роботи локомотивної енергетичної установки (ЛЕУ). Можливий локальний (на локомотиві) або дистанційний (через інтернет) моніторинг.

Система SC 1.6 здійснює хронологічний контроль навантаження і споживання палива на різних режимах роботи головних двигунів (ГД) за звітний період. Запис даних про режими роботи ГД проводиться безперервно протягом всього періоду експлуатації локомотива.

Склад SC 1.6 і спосіб передачі інформації: бортова, інтелектуальна, закрита база даних під керуванням промислового контролера RCM2000 (Rabbit Semiconductor).

Зовнішнє програмне забезпечення (ПЗ) DEPAS SC 1.6 (Linux, Windows 95/98/NT/2000/XP) встановлюється на сервері і на комп'ютерах відповідних відділів компанії.

Пристрій запису сервера накопичує дані записані SC 1.6 і дозволяє контролювати режими роботи ГД, навантаження і витрату палива протягом звітного періоду. При отриманні інформації про навантаження ГД і витрати

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хід процесів в циліндрах двигуна, проводити їх глибокий аналіз. Аналіз індикаторної діаграми дозволяє оцінити стан циліндропоршневої групи і якість робочого процесу. Після обробки даних відображення користувач отримує дані про індикаторну роботу, середній індикаторний тиск, жорсткість процесу, а також P_z , P_c , корекцію ВМТ;

- *вимірювання частоти обертання ротора турбокомпресора* проводиться на всіх режимах роботи дизеля, проте найбільш ефективна діагностика проводиться на режимі вибігу;

- *побудова характеристик ДГУ* – поля допусків, що відображаються, дозволяють швидко виявити навіть незначні відхилення в протіканні характеристик. Побудова характеристик проводиться в реальному масштабі часу при роботі ДГУ в режимі навантаження на рідинній реостат;

- *виявлення несправностей в системі паливоподачі;*

- *вимірювання відносної компресії* – простий і швидкий тест, що проводиться при прокручуванні дизеля з відключеними паливними насосами;

- *вимірювання витрати палива* – завершальний етап регулювання дизельного двигуна, який наочно показує ефективність всього ремонтного виробництва.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 МОДЕЛЮВАННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ

2.1 Характеристика засобів моделювання робочого процесу ДВЗ

Для моделювання несправностей дизель генераторних установок використовуються програми які призначена для розрахунку і оптимізації двотактних і чотиритактних двигунів внутрішнього згоряння. Такі програми дозволяють проводити тепловий розрахунок, аналіз і дослідження наступних типів двигунів внутрішнього згоряння:

- дизельних;
- бензинових іскрових:
 - карбюраторних,
 - з упорскуванням бензину;
- газових іскрових:
 - звичайних,
 - форкамерних.

Програмний комплекс ДИЗЕЛЬ-РК належить до класу термодинамічних програм, тобто циліндри двигуна розглядаються в ній як відкриті термодинамічні системи. Програма дозволяє досліджувати двигуни з різними системами наддуву, підбирати агрегати наддуву до поршневої частини, досліджувати процеси газообміну, включаючи оптимізацію фаз газорозподілу, а також прогнозувати різні характеристики двигунів. Завантажити короткий опис на 4 сторінках у форматі PDF. Програма постійно удосконалюється, в неї додаються все нові і нові можливості для вирішення актуальних завдань У програмі реалізована РК-модель: модель сумішоутворення і згоряння в дизелі яка дозволяє розраховувати швидкість тепловиділення з урахуванням:

- форми камери згоряння;
- інтенсивності вихору;
- кількості, діаметра і спрямованості соплових отворів;

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- форми характеристики уприскування, включаючи багатофазних (багаторазовий) впорскування і РССІ;
- взаємодії струменів зі стінками і між собою;
- біопалива та сумішей біопалива з дизельним паливом в різних пропорціях;
- системи рециркуляції відпрацьованих газів.

РК-модель дозволяє оптимізувати форму камери згоряння і конструкцію паливної апаратури.

Програма "Fuel Spray Visualization". Програма візуалізації процесу сумішоутворення в дизелі "Fuel Spray Visualization" входить до складу програмного комплексу ДИЗЕЛЬ-РК. Програма служить для візуального відображення результатів розрахунку який виконується при моделюванні робочого процесу дизеля.

Програма відображає на екрані монітора динамічну картину розвитку паливних струменів і їх пристінкових потоків, а також графіки розподілу розпорошеного палива за характерними зонам. Програма дозволяє крок за кроком по куту повороту колінчастого валу простежити:

- розвиток паливних струменів і їх пристінкових потоків в камері згоряння з урахуванням переносного впливу вихору;
- деформацію струменів вихором;
- формування пристінкових потоків в залежності від кутів зустрічі струменів зі стінками;
- розвиток пристінкових потоків під впливом вихору і взаємодія їх між собою;
- розподіл палива за характерними зонам;
- швидкість уприскування і тепловиділення.

При цьому на графіки можна вивести дані для будь-якої обраної користувачем струменя.

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтерфейс програми ДИЗЕЛЬ-РК дозволяє досліджувати будь-яку форму камери згоряння і будь-яку конфігурацію соплових отворів розпилювача.

Для вирішення оптимізаційних задач ДИЗЕЛЬ-РК має вбудовану процедуру багатопараметричної оптимізації, що включає 14 методів оптимального пошуку, а також процедури 1D і 2D сканування.

При вирішенні дослідницьких завдань пов'язаних з пошуком оптимального поєднання відразу декількох параметрів двигуна, таких як ступінь стиснення, випередження уприскування, діаметр, число і спрямованість сопел розпилювача, форма камери згоряння, інтенсивність вихору, фази газорозподілу, параметри турбонаддуву і ін. Найчастіше буває важко спланувати і обробити чисельний експеримент з великою кількістю варійованих факторів. В цьому випадку дуже ефективним засобом є багатопараметрична оптимізація, коли пошук оптимального поєднання варійованих факторів покладається на формальну процедуру нелінійного програмування, а дослідникові залишається тільки грамотно сформулювати завдання оптимального пошуку і проаналізувати отримане рішення.

Показники ефективності двигуна або окремих його процесів можуть бути включені в цільову функцію: $Z_j = Z_j (X_k)$.

Знаходження екстремуму цільової функції є завданням оптимізації.

Вектор незалежних змінних: Набір конструктивних параметрів двигуна, за рахунок вибору величини яких планується досягти екстремуму цільової функції становить вектор незалежних змінних X_k .

Обмеження: як правило при пошуку оптимального поєднання конструктивних параметрів двигуна необхідно контролювати його теплову і механічну напруженість, також рівень емісії шкідливих речовин і інші контрольні фактори які обмежують область оптимального пошуку і є обмеженнями. Обмежувальні параметри, також як і цільова функція залежать від незалежних змінних $Y_i = Y_i (X_k)$.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналітичної зв'язку між цільовою функцією і обмеженнями з одного боку і вектором незалежних змінних з іншого боку не існує, тому для їх обчислення використовується математична модель комбінованого ДВС.

Середні значення незалежних змінних і величин обмежень обчислюються програмно як середнє арифметичне від максимального і мінімального значень. Коефіцієнти впливу оптимізуються параметрів встановлюються програмою автоматично. Вибір коефіцієнтів штрафу, максимальних і мінімальних значень параметрів оптимізації X_k і обмежень Y_i , а також вибір показника двигуна, який буде використовуватися як цільова функція Z_j здійснюється користувачем в оболонці програмного комплексу ДИЗЕЛЬ-РК, шляхом заповнення відповідних таблиць.

Сканування. Якщо завдання оптимізації будь-якого процесу може бути сформульована як двовимірна (число незалежних змінних дорівнює двом), то для вирішення такого завдання доцільно використовувати апарат сканування. Можливість наочного графічного відображення цільової функції і обмежень відразу від двох аргументів допомагає краще осмислити кількісні закономірності процесів, що відбуваються і прийняти оптимальне рішення.

Використання апарату сканування дозволяє швидко знаходити ефективні рішення при доведенні робочого процесу двигунів.

Засоби оптимізації дозволяють радикальним чином підвищити ефективність розрахункових досліджень і виявити шляхи вдосконалення двигунів.

Дослідження процесів PCCI (Premixed Charge Compression Ignition). Програма підтримує моделювання процесу згорання при багаторазовому уприскуванні, включаючи згорання при дуже великих значеннях випередження пілотного уприскування (до 100 і більше град. До ВМТ). Враховується згорання за механізмом низькотемпературного окислення (Low Temperature Combustion). Спеціальний інтерфейс дозволяє оптимізувати стратегію багаторазового впорскування (частки палива в працях і затримки між ними), так щоб уникнути

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

попадання палива на стінки дзеркала циліндра. Підтримка багатопаливних двигунів.

Модель згоряння в дизелі дозволяє досліджувати багатопаливний двигун, що працює як на дизельному паливі, так і на біопаливі, включаючи їх суміші з дизельним паливом в різних пропорціях.

Фізичні та хімічні властивості палив можуть задані користувачем і збережені в базі даних програми. Для кожного режиму роботи двигуна можна задавати своє паливо.

Ядро програми ДИЗЕЛЬ-РК може бути запущено з іншої програми, наприклад програми, що моделює транспортний засіб або здійснює оптимізацію. Інтерфейс взаємодії зовнішньої програми з ядром ДИЗЕЛЬ-РК включає 2 текстових файли з вхідними та вихідними даними. Оптимізація алгоритму управління механізмом зміни фаз газорозподілу. Для кожного режиму роботи може бути задана і оптимізована своя діаграма ходу клапана, включаючи утримання клапана на заданій висоті, протягом заданого часу. Розрахунок періоду затримки самозаймання шляхом моделювання детального хімічного механізму предпламенної реакцій. Широко відомі емпіричні рівняння розрахунку періоду затримки самозаймання дають великі похибки при моделюванні процесів РССІ / НССІ, а також в умовах високого ступеня рециркуляції випускних газів, при малих температурах і тривалому періоді затримки. Тобто за умов, характерних для дизелів з над низьким вмістом NOx у вихлопних газах.

Для моделювання та оптимізації таких процесів в програмі ДИЗЕЛЬ-РК застосований алгоритм використовує результати розрахунку отримані в програмі CHEMKIN, де період затримки розраховується залежно від динаміки зміни тиску, температури, ступеня рециркуляції і коефіцієнта надлишку повітря в процесі підготовки дизельного палива та біопалива до самозаймання.

Передбачено використання користувальницької моделі для розрахунку періодузатримки.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

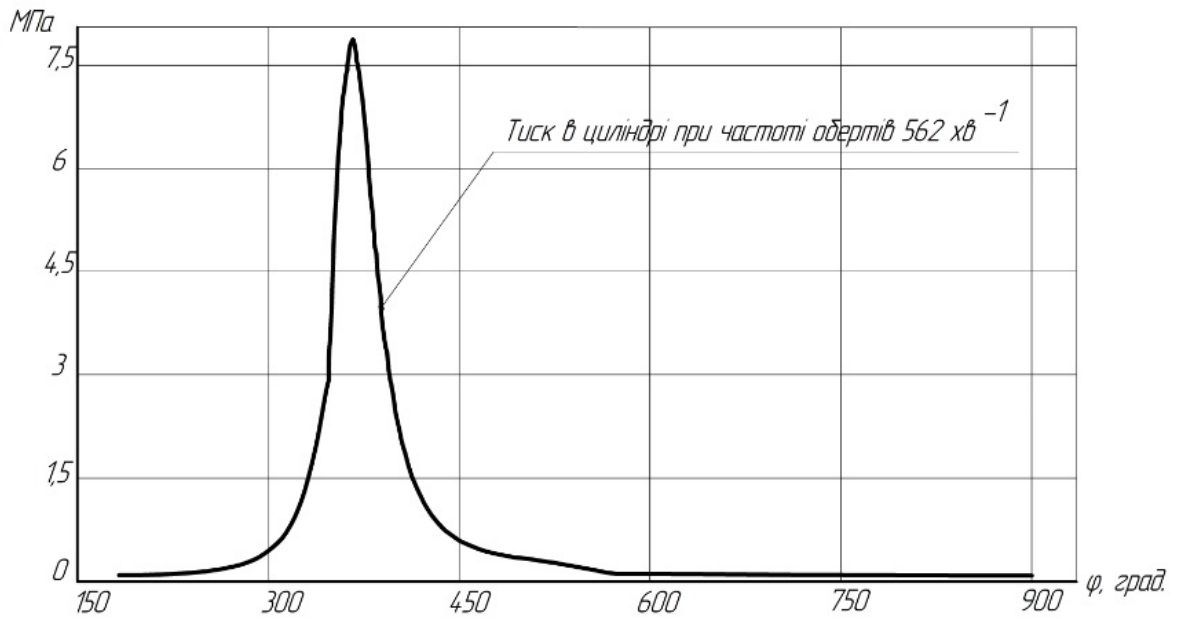


Рисунок 2.3 - Індикаторна діаграма дизеля К6S310DR для режиму роботи 75% потужності ($n=562 \text{ хв}^{-1}$, $N_e=744 \text{ кВт}$)

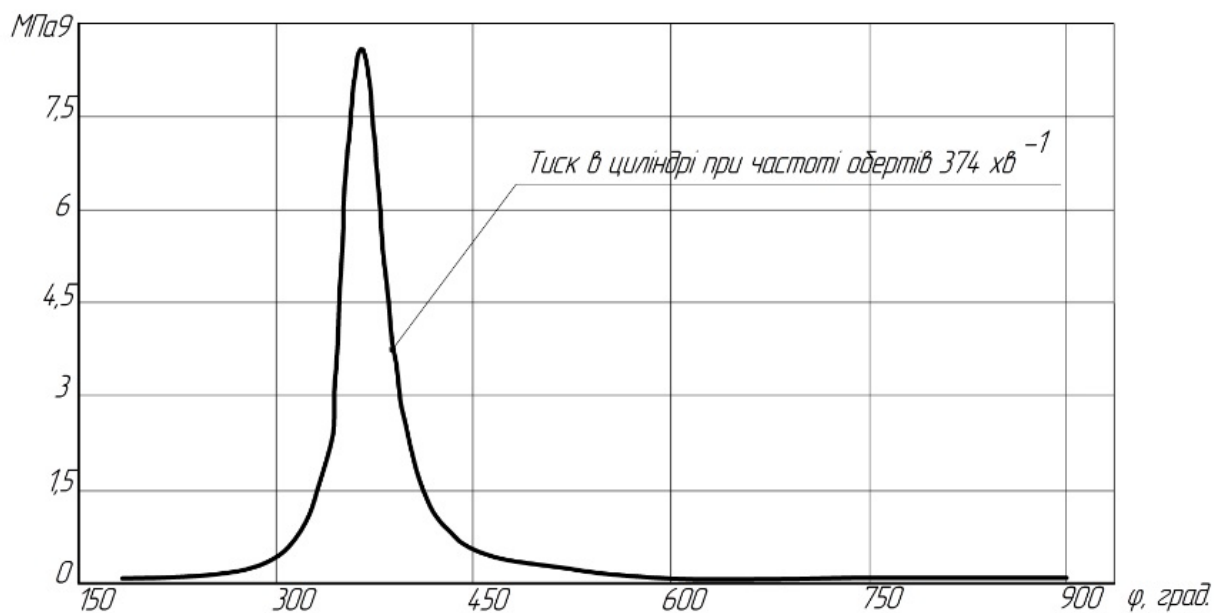


Рисунок 2.4 - Індикаторна діаграма дизеля К6S310DR для режиму роботи 50% потужності ($n=374 \text{ хв}^{-1}$, $N_e=495 \text{ кВт}$)

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

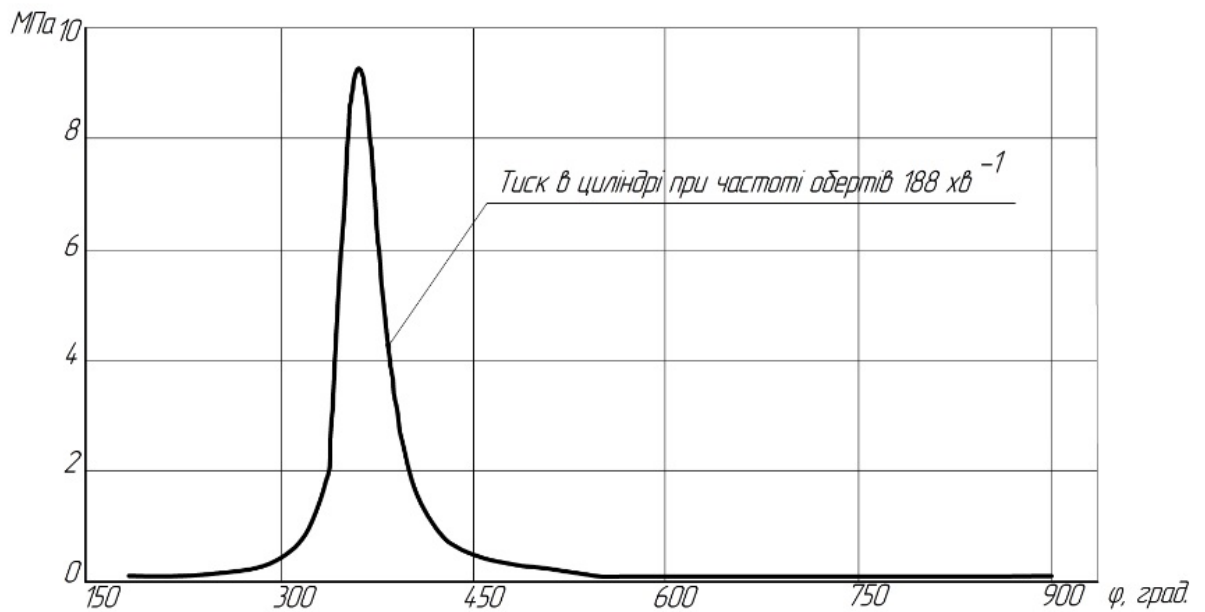


Рисунок 2.6 - Індикаторна діаграма дизеля К6S310DR для режиму роботи 25% потужності ($n=188 \text{ хв}^{-1}$, $N_e=246 \text{ кВт}$)

При аналізі побудованих індикаторних діаграм ми бачимо зростання максимального тиску в циліндрі при зменшенні частоти обертів після навантаження дизеля. Зі збільшенням навантаження на дизеля зменшується частота обертів, що також викликає зменшення ефективної потужності дизеля, збільшення питомої ефективної подачі палива в циліндр, зменшення середнього ефективного тиску в циліндрі, зменшення ефективного ККД, збільшення викиду шкідливих речовин CO_2 в атмосферу, та збільшення максимальної температури циклу в циліндрі.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цикловій подачі палива, тому під час моделювання даної несправності, збільшуємо та зменшуємо циклову подачу палива на 25%, що в свою чергу приведе до зменшення або збільшення коефіцієнта надлишку повітря відповідно на 25%.

Збільшуючи циклову подачу палива на 25% отримаємо коефіцієнт надлишку повітря рівний 1,35, а зменшуючи на 25% – 2,25.

Вихідні дані для моделювання режимів роботи дизеля при несправності паливної апаратури на номінальній потужності та під навантаженням зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для моделювання режимів роботи дизеля при несправності паливної апаратури на номінальній потужності та під навантаженням

Пара-метр	Величина по режимах							
	1		2		3		4	
1	2		3		4		5	
n	750		562		374		188	
α	2,25	1,35	2,25	1,35	2,25	1,35	2,25	1,35
$\varphi_{вп}$	24		24		24		24	
ε	13		13		13		13	
$\varphi_{вп}$	80		80		80		80	
$\varphi_{звип}$	35		35		35		35	
$\phi_{вип}$	45		45		45		45	
$\varphi_{зак}$	55		55		55		55	

В результаті моделювання видно вплив циклової подачі палива на максимальний тиск газів в циліндрі, максимальну температуру циклу, середній індикаторний та ефективний тиск в циліндрі, тривалість згорання палива та період затримки спалаху в циліндрі, а також ефективну потужність та викид шкідливих речовин в атмосферу.

температура, середній індикаторний та ефективний тиск, ефективна потужність дизеля та тривалість згорання зазнають значного зниження по своїй величині, а період затримки спалаху в циліндрі, питома ефективна витрата палива в циліндрі, сумарний коефіцієнт надлишку повітря та викид CO₂ в атмосферу – значного збільшення по своїй величині.

Результати моделювання наведені в таблиці 2.4. Індикаторна діаграма зі зменшеним та збільшеним кутом випередження подачі палива для номінального режиму роботи без навантаження зображена на рисунку 2.9.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для моделювання режимів роботи дизеля при несправності паливної апаратури на номінальній потужності та під навантаженням

Параметр	Режим							
	1		2		3		4	
n	750		562		374		188	
α	1,8		1,8		1,8		1,8	
$\varphi_{\bar{a}}$	34	14	34	14	34	14	34	14
ε	13		13		13		13	
$\varphi_{\bar{i} \rightarrow \bar{a}}$	80		80		80		80	
$\varphi_{e \bar{i} \rightarrow \bar{a}}$	35		35		35		35	
$\varphi_{\bar{i} \rightarrow \bar{a} \bar{e} \bar{i}}$	45		45		45		45	
$\varphi_{e \bar{i} \rightarrow \bar{a} \bar{e} \bar{i}}$	55		55		55		55	

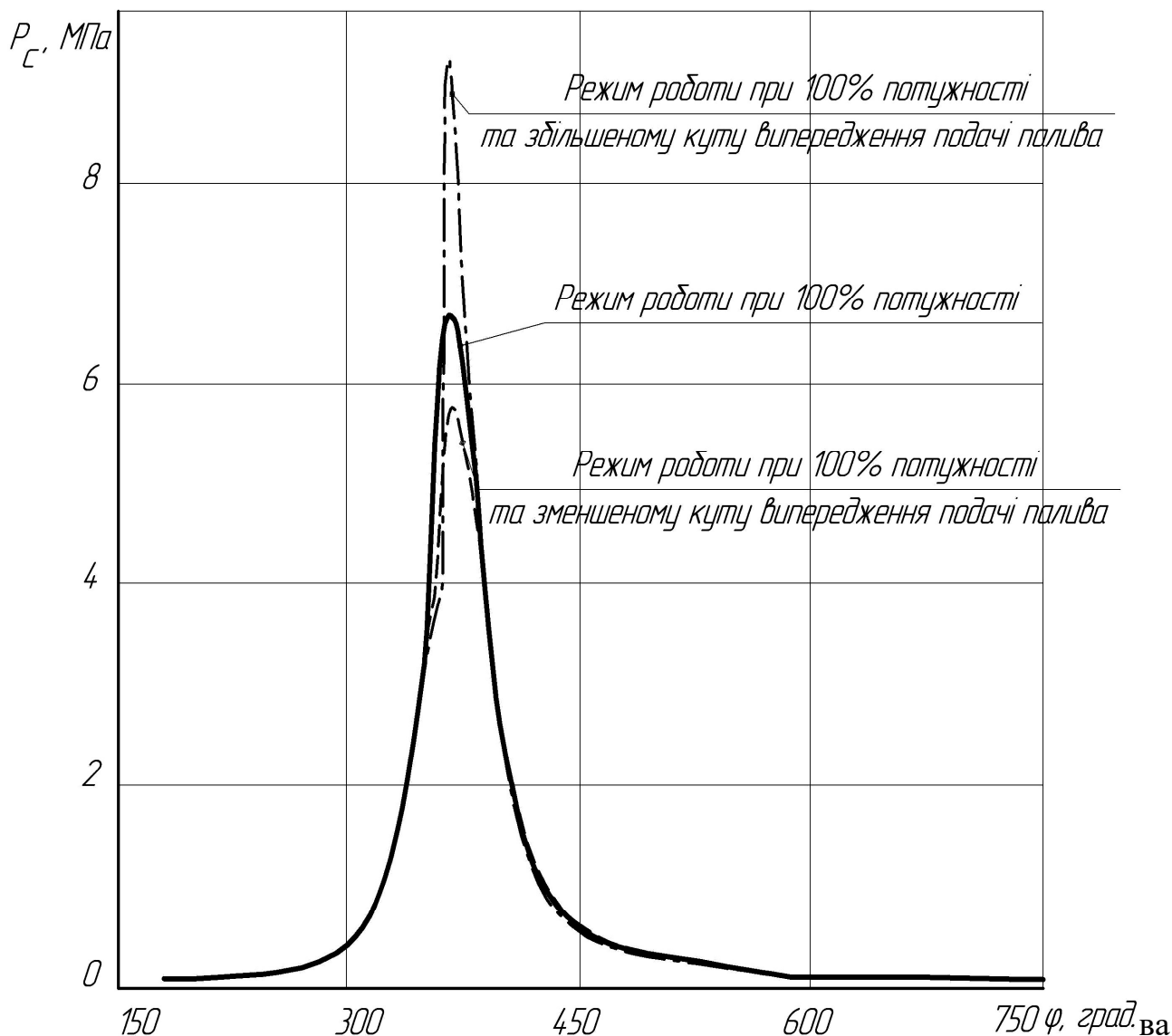


Рисунок 2.9 - Індикаторна діаграма зі зменшеним та збільшеним кутом випередження подачі палива для номінального режиму роботи без навантаження

В результаті моделювання видно вплив пізньої та ранньої подачі палива на показники роботи дизеля. При пізньому куті випередження подачі палива середній ефективний та індикаторний тиски в циліндрі, індикаторний ККД та ефективна потужність дизеля збільшуються, а максимальний тиск та температура в циліндрі, тривалість згорання та період затримки спалаху, а також питома ефективна витрата палива зменшуються. При ранньому куті

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.220260.000.01МР.ПЗ					

випередження подачі палива навпаки середній ефективний та індикаторний тиски в циліндрі, індикаторний ККД та ефективна потужність дизеля зменшуються, а максимальний тиск та температура в циліндрі, тривалість згорання та період затримки спалаху, а також питома ефективна витрата палива збільшуються.

При визначенні даної несправності її необхідно усунути, тому що це призводить до значної перевитрати палива та зменшення економічності дизеля.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ

3.1 Способи діагностування паливної апаратури

Правилами експлуатації тепловозних дизелів передбачений систематичний контроль на кожному ТО-3 паливної апаратури і, зокрема, заміна та перебирання всіх форсунок. Це пов'язано не тільки з великими трудовими витратами, але в багатьох випадках порушує хорошу сталу роботу паливної апаратури. По дослідженнях, проведених у ХПТі, тільки 10 – 15% форсунок, що знімаються з дизелів потребує ремонту. Вилучення інших наносить тільки збиток [7].

Діагностування паливної апаратури без зняття її з дизеля може здійснюватися по:

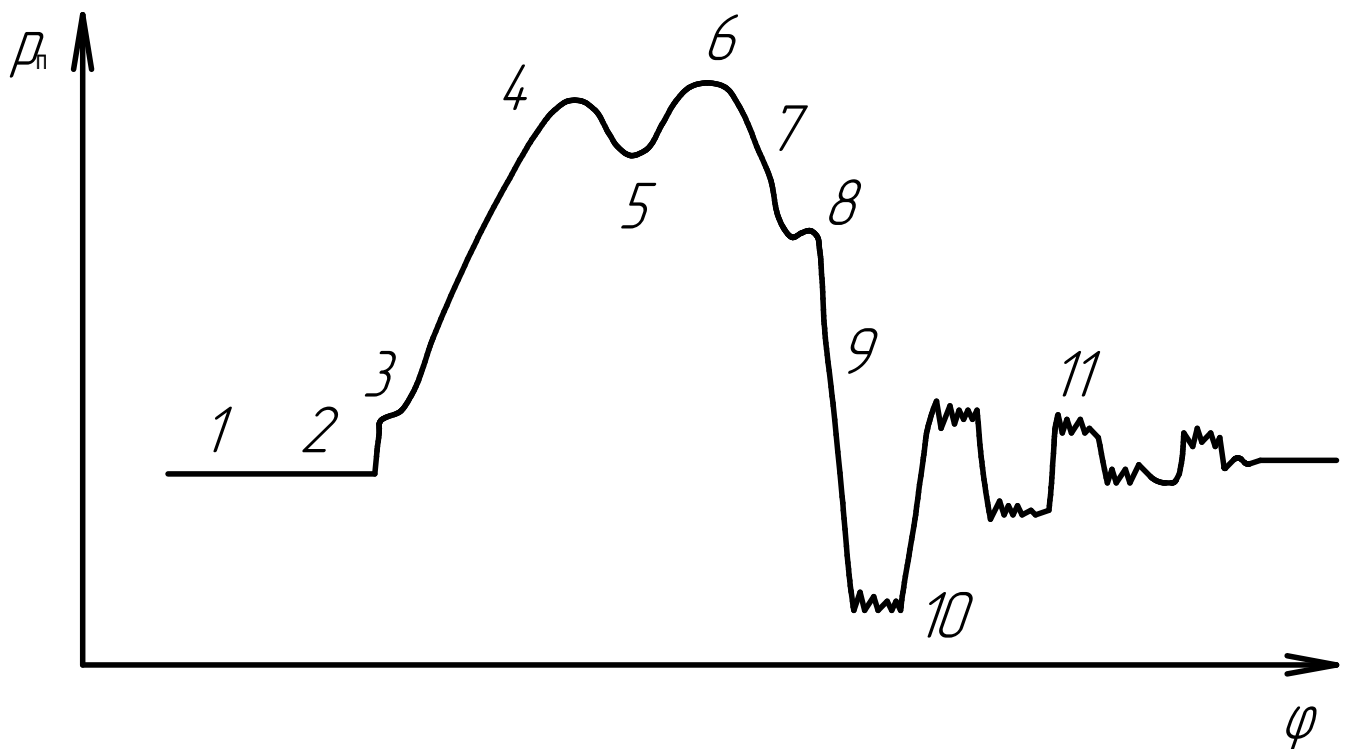
- фактичному куту випередження початку подачі дизельного палива;
- тиску палива в нагнітальному паливопроводі;
- вібраційним характеристикам паливної апаратури.

При оцінці технічного стану елементів паливної апаратури аналізують амплітудно-фазові параметри характерних крапок осцилограм і її форму, а при оцінці регулювальних характеристик апаратури вимірюють фазове зрушення між початком подачі відносно ВМТ. При діагностуванні порівнюють еталонну й досліджувану осцилограми по характерних крапках. Можна використати також спрощену методику аналізу осцилограм тиску по попередньо прийнятих умовах розшифровки. Вважаючи необов'язковими кількісні виміри, окремі ділянки осцилограм аналізують якісно по характеру їхнього протікання. Аналіз діагностичних осцилограм і порівняння їх з еталонними, отриманими на певному ретельно обраному режимі двигуна при гарантовано справній паливній системі, здійснюють за допомогою діагностичної карти. Найбільш часто зустрічаються дефекти паливної апаратури, занесені в таблицю станів,

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

створюють штучно на справній апаратурі, і відповідні їм криві зміни тиску в тракті нагнітання осцилографують заздалегідь. Однак порівняння кривої тиску з еталонної осцилограмою дає досить обмежену й ненадійну інформацію, тому що навіть для нормально працюючої апаратури багатоциліндрового дизеля форма імпульсів тиску може значно відрізнитися для різних циліндрів. Найбільш перспективне діагностування з використанням обчислювальної техніки.

Діаграми для кожного циліндра розташовуються одна під іншою для найбільшої зручності порівняння. Аналіз діаграм виконують шляхом розподілу їх на характерні ділянки [6]. На рисунку 3.1 показана типова крива зміни тиску в нагнітальному трубопроводі паливного насоса, розділена на ряд ділянок.



p_n – тиск палива; цифрами позначені характерні ділянки кривих

Рисунок 2.1 – Зміна тиску в нагнітальному трубопроводі паливного насоса при вимірі тиску поблизу форсунки

Ділянка 1 характеризує тиск в системі перед подачею палива. Він більше

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0032.220260.000.01МР.ПЗ					

атмосферного на певну величину, збереження якого в експлуатації свідчить про те, що нагнітальний клапан і голка форсунки закриті правильно. Ділянка 2 показує початок подачі палива насосом, а 3 – момент відкриття нагнітального клапана і подачі палива до форсунки. На ділянці 4 видно падіння тиску в нагнітальному трубопроводі в результаті відкриття голки форсунки (відбувається вприскування палива в циліндр). На ділянці 5 - 6 відзначений ріст тиску у форсунці в результаті триваючого насосного ходу плунжера, а на ділянці 7 – падіння тиску через припинення подачі палива плунжером (відсічення). Ділянка 8 показує, що голка форсунки закривається і тиск дещо зростає внаслідок гідравлічного удару. В результаті подальшого падіння тиску закривається нагнітальний клапан, відсмоктуючий поясok якого збільшує швидкість падіння тиску і його величину. Ділянка 9 – зона мінімального тиску, іноді нижче атмосферного. Величина вакууму обмежена тиском пари палива. На ділянці 10 відмічено підвищення тиску в нагнітальному трубопроводі в результаті відбиття хвиль тиску від обох кінців нагнітального трубопроводу (голка форсунки – клапан насоса). При занадто великих хвилях можливе повторне відкриття голки, тобто підвприскування палива. У цьому випадку показаний на рисунку 2.1 характер кривій порушується. Ділянка 11 – відновлення попереднього значення величини залишкового тиску після затухання коливань, що свідчить про стабільність роботи насоса і форсунки по циклах. Показана на рисунку 2.1 діаграма може дещо змінюватися залежно від місця встановлення датчика вздовж довжини нагнітального трубопроводу. Кращі результати дає також встановлення датчика біля форсунки. Можна вважати за доцільне встановлення двох датчиків – біля насоса та біля форсунки. Це дозволить отримати ряд важливих відомостей про стан деталей плунжерного насоса. Амплітудні характеристики тиску визначають по осцилограммам.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка алгоритму діагностування паливної системи дизеля K6S310DR

3.2.1 Характеристика об'єкта діагностування

Паливна система призначена для подачі очищеного й підігрітого в зимовий час палива до паливних насосів дизеля. Для розробки алгоритму діагностування розглянемо принцип роботи паливної системи дизеля типу K6S310DR.

Схема паливної системи дизеля приведена на рисунку 3.2.

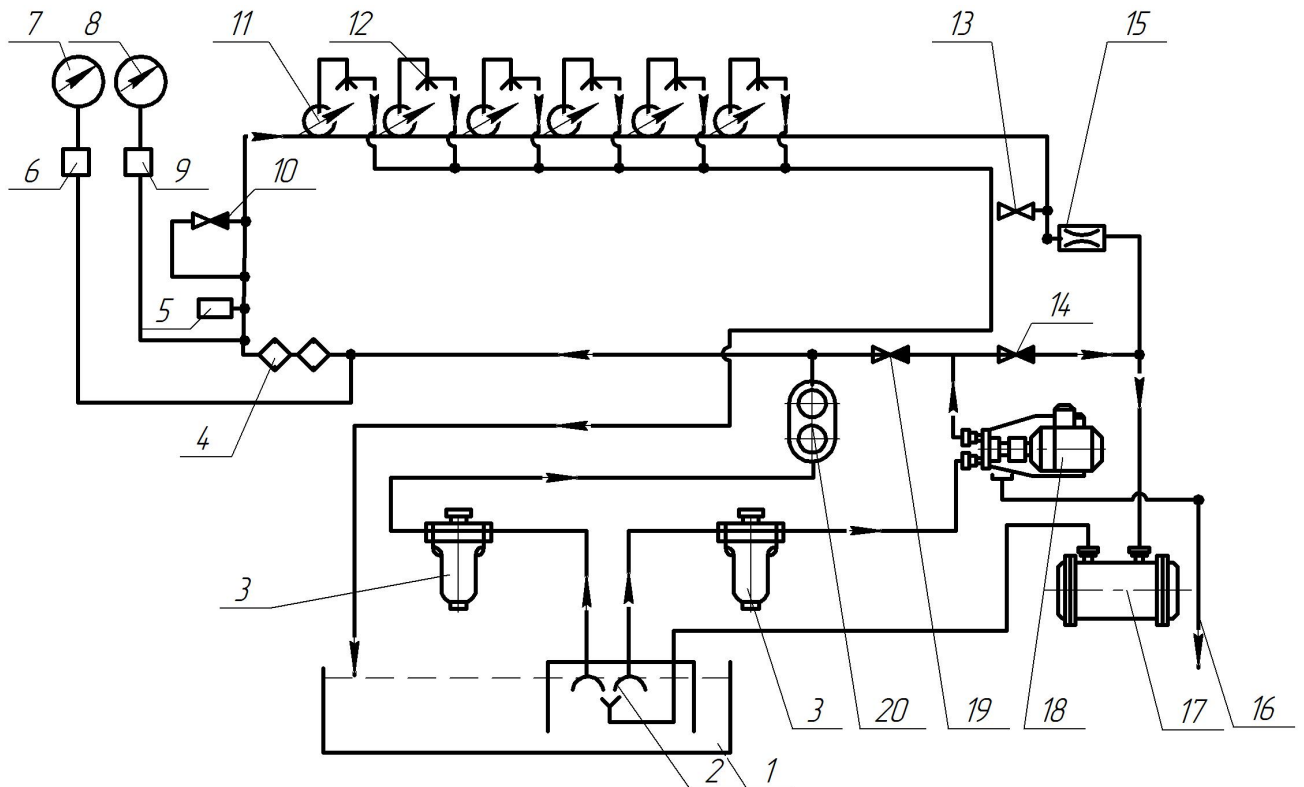


Рисунок 3.2 – Схема паливної системи:

1 – паливний бак, 2 – паливозабірний пристрій; 3 – фільтри грубого очищення палива; 4 – фільтри тонкого очищення палива; 5 – карман для ртутного термометра; 6,8 – манометри, 7,9 – демпфери; 10 – вентиль випуску повітря з системи; 11 – паливний насос; 12 – форсунка; 13 – вентиль зливу палива; 14 – запобіжний клапан, 15 – перепускний клапан; 16 – труба зливу забрудненого палива; 17 – підігрівач палива; 18 – паливопідкачуючий агрегат; 19 – незворотній клапан; 20 – паливопідкачуючий насос дизель генератора

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Паливо заправляють через одну із двох заливних горловин у бак 1. Для передпускового прокачування системи й подачі палива до паливних насосів дизеля під час пуску дизель-генератора служить паливопідкачуючий агрегат 18. Після пуску дизель-генератора паливопідкачуючий агрегат відключається, і подача палива здійснюється паливопідкачуючим насосом 20, установленим на дизелі.

Під час передпускового прокачування системи й пуску дизель-генератора паливопідкачуючий агрегат 18 засмоктує паливо з бака 1 через усмоктувальну трубу забірною пристрою 2 і фільтр грубого очищення 3, по нагнітальній трубі через невозвратний клапан 19, фільтр тонкого очищення 4 подає його в трубу підведення до паливних насосів 11 дизеля. Надлишок палива через пропускний клапан 15 і підігрівач палива 17 зливається в забірний пристрій бака для палива.

Паливні насоси 11 дизеля подають паливо до форсунок 12 по форсуночним трубкам. Через форсунки відбувається упрскування палива в циліндри дизеля. Паливо, що протекло з порожнини високого тиску форсунок, зливається в паливний бак.

Для забезпечення тиску палива, необхідного для нормальної роботи дизель-генератора, на нагнітальному трубопроводі після паливопідкачуючого агрегату встановлений запобіжний клапан 14, відрегульований на тиск 0,30 - 0,35 МПа, а наприкінці труби підведення палива до паливних насосів дизеля є пропускний клапан 15, що відкривається при тиску 0,11 - 0,13 МПа.

При підготовці до пуску дизель-генератора після тривалої стоянки при працюючому паливопідкачуючому агрегаті із трубопроводу видаляють повітря відкриттям (відверненням) болтів випуску повітря на фільтрі тонкого очищення 4 і підігрівачу палива 17. Вентиль 13 відкривають для зливу палива із трубопроводу дизеля перед зняттям паливної апаратури. Брудне паливо з полиць дизель-генератора й плити паливопідкачуючого агрегату зливається по трубі 16 назовні тепловоза.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після пуску дизель-генератора паливопідкачуючий агрегат відключається, і в роботу вступає паливопідкачуючий насос 20, установлений на дизелі. Паливо в цьому випадку проходить через фільтр грубого очищення 3 і нагнітається до фільтра тонкого очищення 4. Трубопровід до паливопідкачуючого агрегату 18 перекривається безповоротним клапаном 19. Тиск палива в нагнітальному трубопроводі регулюється запобіжним клапаном 14. У випадку відмови паливопідкачуючого насоса дизеля паливопідкачуючий агрегат використовується як аварійний.

Для контролю над роботою системи подачі палива в дизель на трубопроводі до й після фільтра тонкого очищення передбачені штуцера, до яких приєднані трубки, що ведуть до манометрів 6 і 8. По цих манометрах контролюються тиск палива перед паливними насосами дизеля й перепад тиску на фільтрі тонкого очищення. Перепад тиску палива після фільтра тонкого очищення повинен бути не менше 0,15 МПа. Коли перепад тиску на фільтрі досягає 0,15 МПа, необхідно промити фільтр поворотом крана перемикачання, установленим у корпусі фільтра. Промивання проводиться без зупинки дизель-генератора й без розбирання фільтра. Якщо працездатність фільтра тонкого очищення після промивання на тепловозі не відновлюється, слід замінити фільтруючі елементи.

Для захисту манометрів від пульсацій тиску палива, викликаних роботою паливних насосів високого тиску дизеля, перед манометрами встановлені демпфери 7 і 9. Якщо виникає необхідність виміру температури палива під час регулювальних випробувань дизель-генератора, а також при перевірці ефективності роботи підігрівача палива, у трубопроводі передбачені кишень 5 в які встановлюють ртутні термометри.

3.2.2 Побудова функціональної схеми об'єкта діагностування

Розробка діагностичного забезпечення паливної системи починається з

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

побудови математичної паливної системи і її подальшого аналізу.

Заміна реального об'єкту математичною моделлю - етап, який необхідно виконати для подальшого застосування математичних методів при дослідженні об'єкту, оскільки експериментальна перевірка на стадії розробки діагностичного забезпечення пов'язана із значними витратами.

Найбільш доцільним представленням структурних схем як об'єктів діагностування є функціонально-логічна модель - деяка сукупність блоків, сполучених між собою функціональними зв'язками [8].

До логічних моделей, згідно [8], пред'являються наступні вимоги:

- кожен вузол представляється у вигляді блоку, що має один вихід і необмежену кількість входів;
- число блоків в моделі не обмежене;
- кожен блок може бути в одному з двох можливих станів: працездатному і не працездатному;
- відмови елементів виникають незалежно;
- неприпустиме значення хоч би одного вхідного сигналу приводить до появи неприпустимого вихідного сигналу;
- зв'язки між функціональними блоками вважаються абсолютно надійними;
- виходи різних блоків не можуть бути об'єднані;
- для кожного блоку вважаються відомими допустимі значення вхідних і вихідних параметрів.

Крім того, в логічних моделях наявність зворотних зв'язків неприпустимо, оскільки в контурах із зворотним зв'язком не можна виявити той, блок що відмовив, то контури із зворотним зв'язком представляються в моделі як зовнішні виходи і входи.

Побудована на основі аналізу роботи функціонально-логічна модель роботи паливної системи дизеля типу K6S310DR приведена на рисунку 3.3. На основі аналізу моделі складається матриця несправностей.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.3 Побудова матриці несправностей

При складанні діагностичних моделей найчастіше задаються моделлю справного об'єкту, по якій можна побудувати моделі його несправних станів. Загальною вимогою до моделі справного об'єкту є вимога із заданою точністю описувати об'єкт і можливі його несправності. При складанні моделі об'єкту діагностування його можна представити у вигляді «чорного ящика» який характеризується безліччю вхідних сигналів $X(x_1, x_2 \dots x_n)$, безліччю внутрішніх змінних $Y(y_1, y_2 \dots y_m)$ і безліччю значень вихідних параметрів $Z(z_1, z_2 \dots z_k)$

$$z = \varphi(X, Y_{поч}, t) \quad (3.1)$$

Рівняння (3.1) є математичною моделлю справного об'єкту, що відображає взаємозв'язок вихідних параметрів Z від вхідних змінних X , початкового значення $Y_{поч}$ внутрішніх змінних і від часу t [9].

Математичну модель об'єкта діагностування, що реалізовує залежність (3.1), можна представити в табличній формі. Позначимо безліч технічних станів об'єкту E , кожному несправному технічному стану об'єкта діагностування відповідає несправність s_i з безлічі несправностей S . Для будь-якої несправності з безлічі S існує хоч би одна елементарна перевірка π_i що дозволяє розрізнити несправні стани попарно. У кожній клітці (i, j) яка знаходиться на перетині стовпця e_i і рядка π_j вказується результат R_{ij} елементарної перевірки π_j технічного об'єкту того, що знаходиться в стані e_i . Таку таблицю називають таблицею функцій відмов.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

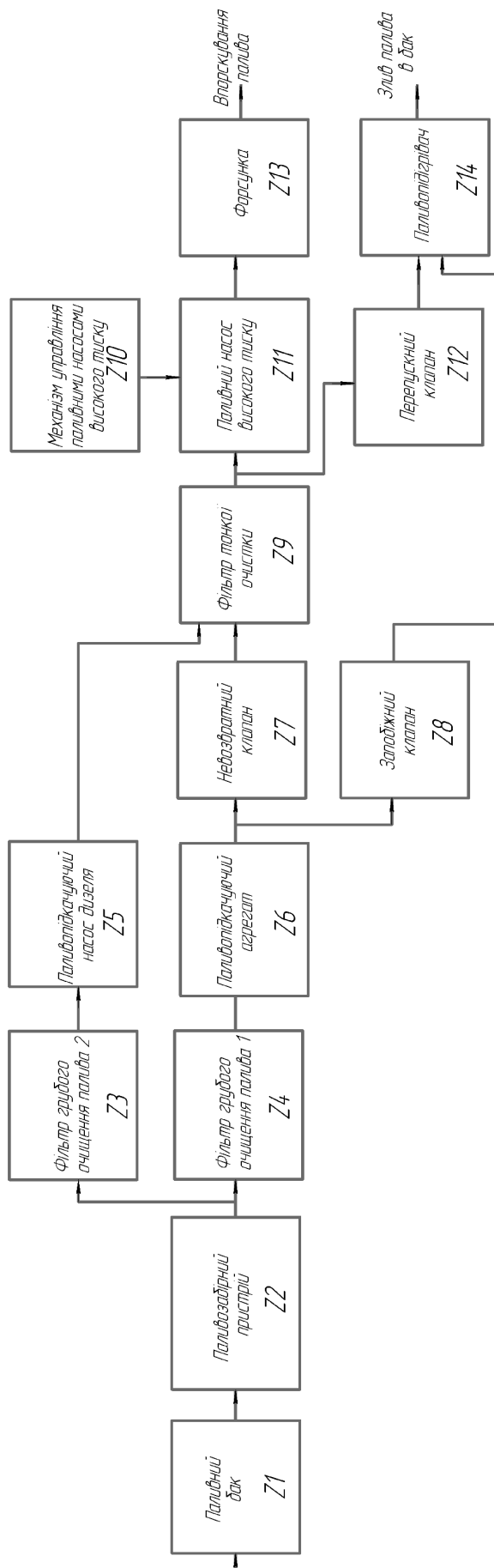


Рисунок 3.3 – Функціонально-логічна модель паливної системи дизеля

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

0032.220260.000.01MP.ПЗ

Арк.

Безліч технічних станів S включає технічний стан справного об'єкту - S_0 і безліч технічних станів несправного об'єкту $S_i - S_s$, кількість несправних технічних станів залежить від глибини діагнозу. До множини Π пред'являються вимоги виявлення будь-якої несправності з безлічі S , тобто для будь-якої несправності знайдеться хоч би одна елементарна перевірка π_i - така, що, здатна розрізнити всі несправностей з множини S . Наявність у множині Π властивості виявлення несправності рівносильне тому, що будь-який стовпець таблиці відмов відрізняється від кожного з решти стовпців S_i безлічі S . Побудована у вигляді таблиці відмов діагностична модель використовується для побудови алгоритмів діагностування.

При побудові таблиці функції відмов використовують правило

$$R_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{об'єкт справний,} \\ 0 - \text{об'єкт не справний.} \end{cases} \quad (3.2)$$

Приклад таблиці функції відмов наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Таблиця функцій відмов

Перевірка		Множина технічних станів S		
		S_0	S_i	S_s
П	π_1	R_1	R_{i1}	R_{s1}
	π_i	R_i	R_{ij}	
	π_n	R_n	R_{in}	R_{sn}

Використовуючи правило (2.2) на основі функціонально логічної моделі паливної системи дизеля типу K6S310DR наведеної на рисунку 3.3 будемо таблицю функцій відмов для паливної системи яка представлена у вигляді таблиці 3.2.

- завдання розпізнавання відмов.

Завдання розпізнавання відмов, як завдання діагностування полягає у визначенні технічного стану об'єкта й віднесенні його до одного із заданих технічних станів. Розв'язок завдання розпізнавання відмови містить у собі розв'язок завдання контролю працездатності. Тому що обов'язковими для пошуку несправностей є зовнішні виходи узагальненої логічної моделі, що утворюють мінімальну сукупність контрольованих виходів [12].

У технічній діагностиці, [12,13], розроблені методи пошуку й локалізації несправності контролі об'єкта діагностування.

Розв'язок завдання побудови алгоритму пошуку несправності проводиться у два етапи. Перший етап – вибір контрольних і діагностичних перевірок, визначається числом діагностичних перевірок, необхідне для однозначного визначення технічного стану об'єкта, з точністю до одного елемента. Отримані перевірки характеризуються відмінністю в кількості інформації I , одержуваної після їхньої реалізації, витратах часу t необхідних для відновлення працездатності локомотива при виникненні відмови в кожному з елементів.

Другий етап – визначення послідовності діагностичних перевірок, такої, щоб обсяг інформації I , одержуваної при реалізації кожної з перевірок був максимальним, а можливі втрати на відновлення працездатності об'єкта були мінімальними [12].

Серед методів пошуку несправності в електричних колах базованих на аналізі таблиці функції відмов відомий метод вибору діагностичних параметрів заснований на інформаційній оцінці процесу діагностування. Алгоритм вибору діагностичних параметрів із використанням інформаційного критерію запропонований І.М.Синдеевим [9,10]. Для контролю вибираються найбільш інформативні параметри, що зменшують залишкову невизначеність про стан об'єкта діагностування на кожному кроці вибору. Процес закінчується, коли залишкова невизначеність про стан об'єкта діагностування стає рівною нулю.

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість інформації, одержуваної при виконанні перевірки π_i визначається по формулі:

$$I(\pi) = -\sum P(a) \cdot \log P(a) - \sum P(b) \cdot \log P(b) \quad (3.3)$$

де $P(a)$ - імовірність перевірки з результатом a ,

$P(b)$ - імовірність перевірки з результатом b .

Варіанти реалізації цього методу для різних ймовірностей станів класів об'єкта в [13] наведений інженерний спосіб побудови програми пошуку несправностей, побудований на обчисленні функцій переваги, заснованих на аналізі таблиці функцій несправностей.

Слід зазначити, що найбільш інформативний параметр, обумовлений на кожному кроці, не завжди раціональний по економічних або технічних міркуванням. У [12] запропоновано використовувати інформаційно-вартісний показник:

$$F(\pi_i) = \frac{I(\pi_i)}{C(\pi_i)} \quad (3.4)$$

де $I(\pi_i)$ – кількість інформації, одержуване при виконанні перевірки π_i ,

$C(\pi_i)$ – ціна даної перевірки π_i , у якій ураховується вартість не тільки матеріальних, але й часових витрат.

Використання цього критерію дозволяє організувати процес діагностування таким чином, щоб вартість і час виконання діагностування були мінімальними, а обсяг інформації, одержуваної при реалізації перевірок, був максимальним.

Результати розрахунку інформативності перевірок приведено в таблиці 3.3.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно проведеним розрахункам для розробки діагностичного забезпечення паливної системи дизеля типу K6S310DR необхідно виконувати контроль роботи наступних елементів схеми:

- паливний фільтр тонкого очищення палива;
- паливопідкачуючий насос дизеля;
- паливний насос високого тиску;
- паливозабірний пристрій;
- незворотній клапан;
- механізм управління паливним насосом високого тиску;
- форсунка.

Вибір цих елементів пояснюється їх найбільшою інформативністю.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

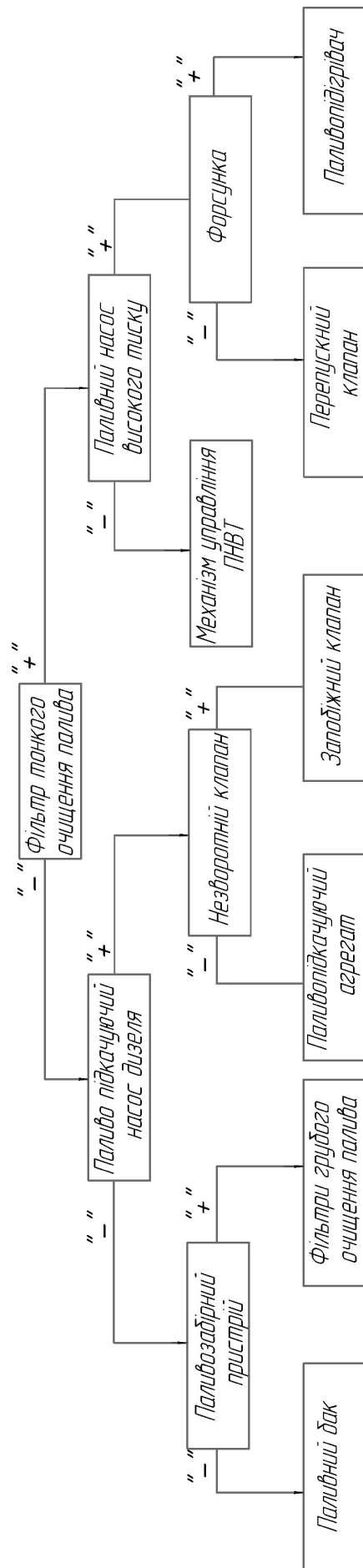


Рисунок 3.4 - Схема пошуку відмови паливної системи дизеля типу K6S310DR

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.220260.000.01MP.ПЗ

Арк.

4 ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ

Як відзначалося раніше діагностування паливної апаратури без зняття її з дизеля може здійснюватися по:

- фактичному куту випередження початку подачі дизельного палива;
- тиску палива в нагнітальному паливопроводі;
- вібраційним характеристикам паливної апаратури.

Проведені розрахунки показали необхідність діагностування паливних насосів високого тиску. Найбільший економічний ефект буде отриманий при діагностуванні паливної апаратури без її зняття з дизеля. В дипломному проекті пропонується виконувати діагностування стану паливної апаратури по вібраційним характеристикам паливної апаратури.

Діагностування паливного насосу без одночасного діагностування відповідної форсунки значно знизить достовірність і ефективність діагностування. Для діагностування запропоновано переносний прилад вібраційного для діагностування паливної апаратури. До складу пристрою входить:

- портативний переносний двох каналний осцилограф типу U1602;
- датчику вібрації типу DMA 124, який встановлюється на трубку високого тиску для підводу палива;
- датчику тиску палива типу DMP 331, який встановлюється замість трубки відведення відсічного палива.

Розглянемо основні технічні характеристики обладнання, яке входить до складу діагностичного приладу.

4.1 Технічні характеристики датчика вібрації

Датчик вібрації призначений для оцінки характеру зміни тиску в трубопроводі системи живлення двигуна. Датчик встановлюється

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безпосередньо на трубопровід, вимірювання відбувається без контакту з паливом. Кріплення датчика до трубки виконується за допомогою хомута. Датчик реєструє незначні деформації трубки подачі палива (деформація пропорційна зміні тиску в трубці), перетворюючи деформацію в електричний сигнал. Зовнішній вигляд датчика приведено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд датчика вібрації

З використанням датчику виконується вимірювання зміни тиску в трубці подачі пального біля форсунки та біля паливного насосу високого тиску. За допомогою датчику визначається момент впорскування, тривалість впорскування.

Датчик вібрації підключається безпосередньо до аналогового каналу осцилографа.

Діапазон вихідного сигналу від $\pm 0,1\text{В}$ до $\pm 1\text{В}$. Максимальна частота перетворення сигналу до 10 кГц. Датчик не вимагає підключення до зовнішнього джерела живлення.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Технічні характеристики датчика тиску

Датчик тиску призначений для оцінки кількості відсічного пального в трубопроводі відведення відсічного палива. Датчик встановлюється безпосередньо на штуцер відведення відсічного палива, при цьому трубка відведення відсічного палива тимчасово знімається.

Конструктивно датчик являє собою чутливий елемент який об'єднує сталюю мембрану і тензорезистори. Товщина сталюї залежить від тиску що вимірюється. Тензорезистори перетворюють деформацію мембрани в зміну електричного опору. Тензорезистори з'єднані по мостовій схемі, до них через підсилювач подається напруга. Через штуцер тиск палива потрапляє на сталюю мембрану яка прогинається відповідно значенню тиску. Відповідно змінюється опір тензорезисторів. Вихідна напруга датчика при цьому змінюється в межах від 0 до 80 мВ. За допомогою підсилювача величина напруги може бути збільшена.

Конструкція датчика тиску палива приведена на рисунку 4.2.

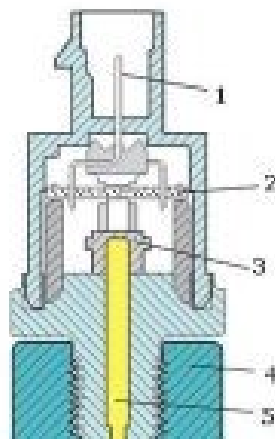


Рисунок 4.2 – Конструкція датчика тиску:

1 – електричне рознімання, 2 – електронна схема, 3 – сенсорний елемент,
4 – корпус форсунки, 5 – штуцер, 6 – паливо

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик має спеціальне виконання з низьким енергоспоживанням, струм живлення датчика складає 2 мА, при цьому вихідна напруга змінюється в межах від 0,5 В до 4,5 В. В якості чутливого елемента використовується кремнієвий тензорезистор. Діапазон тиску що вимірюється від 0 до 4 кПа. Допускається використання датчика при температурі від -40 до 125 °С.

4.3 Технічні характеристики реєстратора

В якості реєстратора і приладу відображення сигналу пропонується використовувати портативний двоканальний осцилограф типу U1602. На екрані осцилографа в режимі реального часу відображатимуться сигнали датчиків тиску та вібрації.

Осцилограф має кольоровий рідкокристалічний екран з діагоналлю 0,12 м. По кожному каналу може бути збережені результати вимірювань в обсязі 125 кБіт на канал. Прилад може бути з'єднаний з персональним комп'ютером по інтерфейсу USB для подальшого аналізу інформації.

4.4 Розробка технології діагностування

Проведення діагностування виконується на працюючому дизелі при проведенні огляду тепловоза перед ТО-3 або ПР-1.

Для діагностування залучається слюсар паливного відділення який проводить діагностування з використанням переносного пристрою. На екрані осцилографа відображуються сигнали датчиків вібрації та тиску. На основі аналізу цих сигналів і порівняння фактичних сигналів з еталонними сигналами ставиться діагноз та приймається відповідне рішення про технічний стан паливної апаратури відповідного циліндру.

Для проведення діагностування одного циліндра необхідно виконати наступний перелік робіт:

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відключити паливний насос відповідного циліндру;
- відвернути трубку відводу палива від форсунки;
- накрутити датчик тиску на штуцер відводу палива від форсунки;
- закріпити датчик вібрації на трубку високого тиску;
- включити паливний насос відповідного циліндру;
- включити прилад, провести вимірювання;
- відключити паливний насос;
- відкрутити датчик тиску зі штуцера відводу палива від форсунки;
- зняти датчик вібрації з трубки високого тиску;
- встановити паливопровід високого тиску закрутити вручну до упору гайки на штуцері форсунок;
- закріпити паливопровід високого тиску до кришок циліндрів;
- включити паливний насос відповідного циліндру.

Зазначений перелік операцій виконується для кожного циліндру дизеля. По завершенню діагностування результати можуть бути збережені на персональному комп'ютері.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Дослідження, виконане в рамках даної магістерської роботи, спрямоване на розробку та вдосконалення систем технічного діагностування дизелів з акцентом на паливну апаратуру.

У першому розділі роботи розглянуті принципи побудови таких систем, визначено особливості діагностування дизеля та представлені засоби і методи діагностування в умовах експлуатації.

Другий розділ присвячений моделюванню несправностей паливної апаратури. Використовуючи засоби моделювання ДВЗ, проведено аналіз роботи дизеля в нормальних та несправних умовах на номінальній потужності та під навантаженням.

У третьому розділі розглянуті методи діагностування паливної апаратури, розроблений алгоритм діагностування для системи дизеля типу K6S310DR.

Представлено впровадження засобів діагностування, включаючи технічні характеристики датчика вібрації, датчика тиску, реєстратора та розроблену технологію діагностування паливної апаратури.

Отримані результати можуть бути використані в практиці обслуговування тепловозів, сприяючи вчасному виявленню та усуненню несправностей, що, в свою чергу, позитивно впливає на їх експлуатацію та тривалість служби.

					0032.220260.000.01MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Транспорт, 1978. – 239 с.

12. Пархоменко П.П.и др. Основы технической диагностики. - М.: Энергия, 1976. - 464с.
13. Ключев В.В., Пархоменко П.П., Абрамчук В.Е. Технические средства диагностирования. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.

					0032.220260.000.01МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ІНФОРМАТИВНОСТІ ПЕРЕВІРОК

Таблиця А.1 – Матриця несправностей

Перевірка Z	Множина станів S														Інформативність перевірки I(Z)
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	
Z1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.371
Z2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.592
Z3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.750
Z4	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.750
Z5	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.863
Z6	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0.863
Z7	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0.940
Z8	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0.940
Z9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0.985
Z10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0.592
Z11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0.863
Z12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0.940
Z13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0.750
Z14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0.750

Таблиця А.2 – Розрахунок інформативності
перевірок Z1-Z7

Перевірка Z	Множина станів S							Інформативність перевірки I(Z)
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
Z1	0	1	1	1	1	1	1	0.592
Z2	0	0	1	1	1	1	1	0.863
Z3	0	0	0	1	1	1	1	0.985
Z4	0	0	1	0	1	1	1	0.985
Z5	0	0	0	1	0	1	1	0.985
Z6	0	0	1	0	1	0	1	0.985
Z7	0	0	1	0	1	0	0	0.863

