

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра на тему

Професійна підготовка фахівців транспортної галузі

з комплексного діагностичного контролю

транспортних дизелів K6S310DR з урахуванням

умов експлуатації

(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІТ- ПОТр-23мг
спеціальності: 015 Професійна освіта (Транспорт)
(код і найменування спеціальності)

Лаз / Олександр ЛАЗОРЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент Павло ВАСЮЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

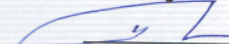
Секретар ЕК Валентина СКОРКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання
Спеціальність 015 Професійна освіта (Транспорт)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТіЗ

 Подоляк О.С.

“12” 10 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу

магістранту

Олександрю Лазоренку

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Професійна підготовка фахівців транспортної галузі з комплексного діагностичного контролю транспортних дизелів K6S310DR з урахуванням умов експлуатації**

затверджена наказом № 4801-5 /⁵³⁴⁵ від “12” 10, 2024р.

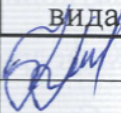

2. Термін здачі магістрантом закінченої роботи “10” грудня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи: Транспортний дизель K6S310DR

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) Вступ; Аналітичний огляд робіт ; Визначення параметрів робочого процесу та синхронізація даних; Моделювання робочого процесу транспортного дизеля; Методичний розділ; Висновки; Список використаних джерел.

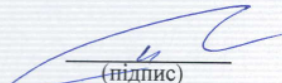
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів) Всі графічні матеріали представлено в вигляді презентації з використанням комп'ютера

6. Консультанти по роботі, із зазначенням відповідних її частин:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
Методичний	Наталія КОРОЛЬОВА			

7. Дата видачі завдання “10” вересня 2024 р.

Керівник МКР


(підпис)

Олег ПОДОЛЯК
(ініціали, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

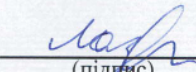

(підпис)

Олександр Лазоренко
(ініціали, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання МКР

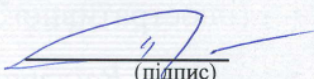
№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналітичний огляд робіт	10.09.24	
2	Визначення параметрів робочого процесу та синхронізація даних	1.10.24	
3	Моделювання робочого процесу транспортного дизеля	15.10.24	
4	Оцінка ефективності проекту	1.11.24	
5	Розробка методичного розділу	15.11.24	
6	Оформлення і захист проекту	10.12.24	

Студент


(підпис)

Олександр Лазоренко

Нормоконтроль


(підпис)

Олег ПОДОЛЯК

Додаток 2 до Порядку проведення перевірки наукових праць, навчально-методичних видань та дипломних робіт (проектів) працівників та здобувачів вищої освіти на наявність запозичень з інших документів (нова редакція)

Введено в дію:

наказ ректора № 0204 -1/088 від 27.02.2020 р.

Протокол контролю оригінальності дипломної роботи (проекту)

Професійна підготовка фахівців транспортної галузі з комплексного діагностичного контролю транспортних дизелів K6S310DR з урахуванням умов експлуатації

(назва роботи)

студента

ЛАЗОРЕНКО Олександр Ігорович

(прізвище, ім'я та по батькові)

науковий керівник

Подоляк Олег Степанович

(прізвище, ім'я та по батькові)

В результаті перевірки роботи в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com встановлено наступні значення Коефіцієнтів Подібності

Коефіцієнт Подібності 1: 7,07,

Коефіцієнт Подібності 2: 3,73 ,

Сигнал „Тривога!": – немає; – є, кількість разів у тексті _____.

Вченою радою факультету (навчально-наукового інституту) затверджено наступні показники оригінальності (за значенням коефіцієнту K1):

не більше 20% – оригінальна робота,

від 21% до 50% – задовільно оригінальна робота,

від 51% до 90% – умовно оригінальна робота,

більше 90% – неоригінальна робота.

Відповідно до цього, робота може бути класифікована як:

оригінальна,

задовільно оригінальна,

умовно оригінальна,

неоригінальна.

Висновок:

робота може бути допущена до захисту,

необхідно провести розгляд Повного Звіту Подібності із залученням фахівців із тематики дипломної роботи (проекту).

Примітки Системного Оператора про виявлені запозичення:

Системний Оператор

(підпис)

Скоркін А.О.

(прізвище та ініціали)

28.11.2024

(дата)

РЕФЕРАТ

У роботі визначено, описано, теоретично обґрунтовано та проаналізовано процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі, розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «Робочий процес транспортного дизеля k6s310dr» для фахівців транспортної галузі».

Об'єктом дослідження є процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі в закладах вищої освіти.

Предмет дослідження – професійна підготовка фахівців транспортної галузі з комплексного діагностичного контролю транспортних дизелів K6S310DR з урахуванням умов експлуатації.

Метою дослідження є визначити, описати, теоретично обґрунтувати та проаналізувати процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі, розробити дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «Робочий процес транспортного дизеля k6s310dr» для фахівців транспортної галузі».

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати актуальність професійної підготовки фахівців транспортної галузі.
2. Теоретично обґрунтувати, розробити дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «Робочий процес транспортного дизеля k6s310dr» для фахівців транспортної галузі».
3. Розроблено комплексний експлуатаційний метод контролю робочого процесу, за рахунок включення віброакустичного контролю подачі палива і газорозподілу а також застосування спектрального аналізу при визначенні характеристик ГТН, що дозволяє підвищити ефективність ремонтних робіт ТД.

Наукова новизна полягає в тому, що удосконалено професійну підготовку фахівців транспортної галузі з комплексного діагностичного контролю транспортних дизелів K6S310DR з урахуванням умов експлуатації.

ABSTRACT

The work defined, described, theoretically substantiated and analyzed the process of professional training of specialists in the transport industry, developed a didactic project of an optional class on the topic "Working process of the transport diesel engine k6s310dr" for specialists in the transport industry.

The object of the study is the process of professional training of transport industry specialists in higher education institutions.

The subject of the research is the professional training of specialists in the transport industry in the comprehensive diagnostic control of K6S310DR transport diesel engines, taking into account operating conditions.

The purpose of the research is to define, describe, theoretically substantiate and analyze the process of professional training of specialists in the transport industry, to develop a didactic project of an optional class on the topic "Working process of the transport diesel engine k6s310dr" for specialists in the transport industry.

The scientific novelty is that the professional training of specialists in the transport industry has been improved in the comprehensive diagnostic control of K6S310DR transport diesels, taking into account operating conditions.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
Актуальність професійної підготовки фахівців транспортної галузі.....	9
Поточний стан та потенціал розвитку транспортної освіти.....	9
Сучасні тенденції та перспективи розвитку транспортної освіти у світі.....	10
Інструменти розвитку транспортної освіти.....	11
1. Комплексна діагностика дизелів тепловозів «ЧМЕЗ» і версія діагностичного комплексу D4.0h.....	17
1.1 Модифікація прикладної програми комплексу D4.0h.....	17
2 Методика діагностування ДВЗ K6S310DR тепловозів ЧМЕЗ.....	33
2.1 Характеристика обладнання.....	33
2.2 Методика проведення регулювальних робіт ПАВТ і ГРМ.....	40
2.3 Визначення параметрів робочого процесу і діагностика головних середньооборотних дизелів т/х "Greifswald".....	43
2.3.1 Визначення основних параметрів робочого процесу.....	44
2.3.2 Визначення затримки самозаймання палива.....	46
2.3.3 Результати діагностування ГД т/х "Greifswald".....	48
3 Дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «робочий процес транспортного дизеля k6s310dr» для фахівців транспортної галузі.....	52
3.1 Постановка цілей факультативного заняття.....	52
3.2 Перелік літературних джерел з теми.....	55
3.3 Конструювання дидактичних матеріалів: аналіз структури навчального матеріалу факультативного заняття.....	55
3.4 Аналіз базових умов навчання.....	58
3.5 Проєктування мотиваційних технологій навчання.....	59
3.6 Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті.....	62
3.7 Проєктування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті.....	63
3.8 Проєктування контрольних дій з теми.....	64
3.9 Розробка сценарію факультативного заняття.....	65
Висновки до розділу.....	68
ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	72

ВСТУП

Професійна підготовка фахівців транспортної галузі з комплексного діагностичного контролю транспортних дизелів K6S310DR з урахуванням умов експлуатації

Відомо, що робота транспортних дизелів в першу чергу залежить від технічного стану паливної апаратури високого тиску і системи наддуву. Нерівномірність потужностей, викликана експлуатаційними дефектами паливної апаратури, призводить до перевантаження окремих циліндрів і підвищеної вібрації двигуна. Як наслідок, відбувається обмеження потужності всього двигуна і його робота відбувається в зоні підвищеного питомої витрати палива. Підвищується ймовірність аварійної зупинки двигуна.

Ефективна експлуатація двигуна базується на постійному контролі основних, найбільш значущих параметрів робочого процесу. Для вирішення завдання синхронізації необхідно розробити комбінований аналітичний метод синхронізації даних моніторингу параметрів робочого процесу транспортних дизелів, який об'єднує переваги методу аналізу першої похідної кривої тиску в циліндрі і моделювання кривої стиснення розширення за допомогою функції Аньезі.

В умовах реостатних випробувань і скороченого часу перед- і післяремонтної діагностики дизелів новий метод дозволяє на 50-80% зменшити похибки синхронізації і подальшого розрахунку індикаторних параметрів робочого процесу. Розроблений метод буде актуальний у зв'язку з тим, що більша частина транспортних дизелів працюють з ранніми кутами випередження подачі палива (від 12 і до 27° повороту колінчастого вала до верхньої мертвої точки поршня). У цьому випадку застосування тільки одного з аналітичних методів неефективно і призводить до помилок синхронізації. Тому виникає нагальна необхідність в моделюванні робочого процесу транспортного дизеля (в межах нашої теми дизеля K6S310DR).

Для забезпечення оптимальної та ефективної роботи такого обладнання потрібні висококваліфіковані фахівці.

Об'єктом дослідження є процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі в закладах вищої освіти.

Предмет дослідження – професійна підготовка фахівців транспортної галузі з комплексного діагностичного контролю транспортних дизелів K6S310DR з урахуванням умов експлуатації.

Метою дослідження є визначити, описати, теоретично обґрунтувати та проаналізувати процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі, розробити дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «Робочий процес транспортного дизеля k6s310dr» для фахівців транспортної галузі».

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати актуальність професійної підготовки фахівців транспортної галузі.
2. Теоретично обґрунтувати, розробити дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «Робочий процес транспортного дизеля k6s310dr» для фахівців транспортної галузі».

Для досягнення мети, розв'язання визначених завдань використано комплекс сучасних загальнонаукових і спеціальних методів:

Методи дослідження: *теоретичні*: аналіз педагогічної, психологічної, наукової, методичної, технічної літератури з проблеми професійної підготовки фахівців транспортної галузі; для визначення понятійно-категоріального апарату і напрямків магістерського дослідження; структурний аналіз і методи моделювання для розробки дидактичного проєкту.

Наукова новизна полягає в тому, що удосконалено професійну підготовку фахівців транспортної галузі з комплексного діагностичного контролю транспортних дизелів K6S310DR з урахуванням умов експлуатації.

Практична цінність роботи полягає в тому, що було розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «Робочий процес транспортного дизеля k6s310dr» для фахівців транспортної галузі».

Структура та загальний обсяг роботи. Робота складається з української та англійської анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Поточний стан та потенціал розвитку транспортної освіти

Процес підготовки кадрів для транспортної галузі (далі – транспортна освіта) є основою кадрового та інноваційного розвитку транспортної системи України – однією з базових галузей економіки держави, яка формує понад 6 % національного ВВП. Особливостями транспортної освіти є екстериторіальність підготовки кадрів, відсутність у випускників орієнтованості на регіональний ринок праці, глибока інтеграція до системи міжнародних стандартів, прямий зв'язок з роботодавцями, а також системоутворюючий характер залучених до підготовки кадрів для транспорту освітніх організацій за рахунок їх ключової ролі у забезпеченні безперебійної роботи та безпеки транспортної інфраструктури держави. Унікальною особливістю транспортної освіти є нерозривний зв'язок якості підготовки спеціалістів для транспортної галузі України із виконанням зобов'язань України за міжнародними договорами, міжнародними стандартами та вимог міжнародних організацій, міжнародних конвенцій.

Ключовими елементами сфери транспортної освіти є підготовка авіаційного персоналу цивільної авіації та членів екіпажів суден відповідно до міжнародних вимог, підготовка працівників залізничного транспорту, у тому числі безпосередньо пов'язаних з рухом поїздів, маневровою роботою та забезпеченням транспортної безпеки, проектуванням та обслуговуванням транспортної інфраструктури, а також проектуванням, будівництвом, утриманням у належному стані та розвитком мережі автомобільних доріг, збільшенням їх пропускної спроможності, забезпеченням безпечного руху за ними, підвищенням якості послуг, що надаються користувачам автомобільних доріг, розвитку об'єктів дорожнього сервісу, що розміщуються у межах смуг відведення та придорожніх смуг автомобільних доріг.

Підготовка спеціалістів для транспортного комплексу ведеться в рамках 17 укрупнених груп спеціальностей та напрямів підготовки середньої професійної та вищої освіти.

Сучасні тенденції та перспективи розвитку транспортної освіти у світі

Ключові виклики, що стоять перед сучасною освітою у сфері транспорту, визначаються технологічною трансформацією транспортної галузі та світової економіки в цілому, цифровізацією, критичними змінами в науково-технологічній сфері, структурою ринку праці, заснованими на ІТ-рішеннях кардинальними зрушеннями у підходах до організації освітнього процесу та нових освітніх технологій вимагає суттєвого перегляду парадигми розвитку освітніх організацій, залучених до підготовки кадрів для транспорту, переформатування освітньої організації та науково-дослідної діяльності, роботи із залучення та утримання талантів, впровадження нових моделей управління.

Ключові тренди, що визначають розвиток транспортної освіти у світі:

- запровадження гнучких освітніх програм, заснованих на фреймворках розвитку транспортної галузі, проектування освітніх програм під «професії майбутнього»;
- розвиток індивідуальних освітніх траєкторій через варіативність освітніх програм та використання технологій «цифрового сліду»;
- масове використання дистанційних освітніх технологій, електронного навчання та моделі «змішаного навчання»;
- розширення використання віртуальних тренажерів, інструментів віртуальної та доповненої реальності;
- акцент на інтерактивні методи навчання та проектну роботу у міждисциплінарних командах; активне формування універсальних компетенцій (системне мислення, комунікації, прийняття рішень, командна робота, навички самонавчання, компетенції цифрової економіки);
- розвиток мережевих форматів навчання з використанням потенціалу кількох освітніх організацій та компаній;
- управління життєвим циклом освітньої програми у глибокій інтеграції із замовником – бізнес-партнерами із реального сектору економіки;
- впровадження моделі «цифрового університету», що забезпечує управління освітньою організацією на основі великих даних за допомогою платформних рішень.

Інструменти розвитку транспортної освіти

Освітні продукти, створювані транспортними освітніми організаціями, мають охоплювати всю лінійку безперервної професійної освіти, включаючи професійне навчання, середню професійну освіту, вищу освіту всіх рівнів (бакалавріат, спеціаліст, магістратура, підготовка наукових кадрів вищої кваліфікації) та форм (очне, заочне, очно-заочна), додаткова професійна освіта. При цьому необхідно провести системне оновлення моделей та методик організації освітнього процесу з метою формування нової якості підготовки персоналу транспортної галузі, що забезпечує його відповідність новому технологічному укладу, за рахунок впровадження нових державних освітніх стандартів, освітніх програм, інтерактивних та цифрових технологій, розвитку мережної взаємодії, тісного співробітництва між транспортними та іншими організаціями освіти, інтернаціоналізації освітньої діяльності, формування сучасного середовища супроводу навчання та кар'єри.

Розвиток освітніх програм транспортного профілю пов'язаний насамперед із підвищенням практичності навчання та зближенням освіти із запитами транспортних компаній.

Ключовими інструментами тут стануть дуальні та проектно-орієнтоване навчання, розробка освітніх модулів та освітніх програм спільно із замовниками цільового навчання, співвіднесення освітніх програм магістратури з виконанням реальних проектів на замовлення бізнес-партнерів. У транспортних освітніх організаціях будуть створені умови, які дозволяють виконувати учня в команді з іншими студентами. Завдання від постановки проблеми до використання конкретного результату в умовах, максимально наближених до реальних. Ця робота буде організована з максимальним залученням кадрових та матеріальних ресурсів підприємств.

Порядок денний розвитку транспортної освіти до 2035 року передбачає суттєве розширення набору освітніх програм професійного навчання, середньої професійної та вищої освіти за рахунок відкриття нових затребуваних напрямків за такими структурними елементами транспортної системи:

– автомобільний транспорт;

- повітряний транспорт;
- залізничний транспорт;
- морський та внутрішній водний транспорт;
- міський транспорт;
- транспортне будівництво.

Важливе місце в освітньому та науковому порядку транспортних освітніх організацій займають такі питання:

- комплексна трансформація транспортної та логістичної інфраструктури; – прогнозування досягнутих у транспортній діяльності ефектів;
- стратегічний менеджмент та управління змінами;
- економіка, фінанси та фінансовий аналіз;
- супровід транспортних проектів, що реалізуються у формі державно-приватного партнерства;
- місце транспорту у цифровій економіці: застосування технологій штучного інтелекту, розподілених обчислень, Big Data, інформаційних моделей будівництва, інтелектуальних систем керування;
- високошвидкісний наземний транспорт;
- транспортна безпека;
- екологічні аспекти транспортної галузі та зниження впливу транспорту на навколишнє середовище;
- транспортне право;
- моніторинг та вирішення питань транспортної доступності;
- інтермодальні перевезення та прикордонне сполучення; – проектування та будівництво транспортної інфраструктури (включаючи облаштування державного кордону України);
- управління людськими ресурсами на транспорті;
- регіональні та міські транспортні системи, транспортне забезпечення мегаполісів При цьому транспортні освітні організації сформулюють портфель освітніх програм нового рівня, орієнтуючись на запити галузі, що динамічно змінюються, і форсайт-прогнози.

Будуть запущені гнучкі практико-орієнтовані освітні програми, що дозволяють освоїти набір необхідних для роботи в транспортному комплексі в умовах технологічної трансформації професійних та метапредметних компетенцій. Змістове наповнення освітніх програм спиратиметься на результати прикладних та фундаментальних наукових організацій, що проводяться освітніми дослідженнями. Буде розвиватися діяльність у сфері підтримки інноваційного підприємництва студентів, педагогічних працівників, співробітників, у тому числі реалізація відповідних основних та додаткових професійних освітніх програм.

Нові освітні програми проектуватимуться «від освітнього результату» спільно з компаніями– лідерами змін галузі, у тому числі використовуючи як кращі практики досвід проведення спільних заходів учнів та працівників галузі. Освітня траєкторія учня формуватиметься з урахуванням його індивідуальних особливостей на базі цифрових платформних рішень, що дозволяють гнучко планувати освітній маршрут з використанням технологій «цифрового сліду».

Важливим фактором розвитку стане розробка транспортними освітніми організаціями онлайн-курсів нового покоління, що інтегрують віртуальні тренажери та рішення, що базуються на технологіях великих даних та штучного інтелекту. За рахунок масштабного впровадження сучасних онлайн-курсів, заміщення ними значної частини лекційного матеріалу збільшиться частка інтерактивних та проектних модулів, що дозволить більш ефективно впливати на мотивацію учнів.

Розвиток нових освітніх продуктів у сфері транспорту здійснюватиметься за такими напрямками:

- впровадження нових освітніх програм середнього професійної освіти, бакалаврату, спеціалітету, магістратури та підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації для вирішення системних транспортних завдань;

- впровадження процедури оцінки якості практичної підготовки учнів за освітніми програмами середньої професійної освіти у вигляді демонстраційного іспиту в рамках проміжної та державної підсумкової атестації;

- профільовування освітніх програм магістратури та підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації на міждисциплінарний характер підходів до вирішення

перспективних науково-технологічних завдань транспортної галузі;

- підготовка з перспективних напрямів розвитку техніки та технологій, міжтранспортним та загальнотранспортним напрямкам, створення освітніх програм підготовки середньої професійної та вищої освіти у сфері дорожнього будівництва та за новими видами транспортної діяльності;

- впровадження освітніх програм іноземними мовами;

- розробка нових додаткових професійних програм всіх категорій працівників транспортних компаній, профільних органів державної влади та муніципального самоврядування;

- розширення академічної студентської мобільності як усередині країни, так і за кордоном;

- формування та підтримка транспортними освітніми організаціями індивідуальних програм розвитку заінтересованих працівників транспортної галузі;

- розширення партнерських зв'язків в рамках диверсифікації напрямів цільової підготовки студентів для транспортних компаній;

- активне впровадження цифрових технологій на всіх етапах навчання;

- розробка нових форм незалежної оцінки результатів освіти та акредитації освітніх програм, участь експертів транспортних освітніх організацій у процедурах державної акредитації освітніх програм.

Важливим ресурсом розвитку транспортних освітніх організацій будуть їхнє тісне партнерство та мережева взаємодія. Формування банку найкращих практик та навчально-методичних матеріалів, створення галузевого методичного центру розвитку дистанційних форм навчання, виконання спільних прикладних науково-дослідних робіт, проведення загальнотранспортних конкурсів дозволять забезпечити інтелектуальне лідерство транспортних освітніх організацій у сфері освіти та у прикладних наукових дослідженнях.

Розвиватиметься широке взаємовигідне партнерство транспортних освітніх організацій з провідними освітніми та науковими організаціями, професійними освітніми організаціями та організаціями додаткової професійної освіти іншої відомчої підпорядкованості, зарубіжними науково-освітніми центрами,

регіональними органами державної влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами та організаціями всіх галузей економіки.

Залучення, утримання та розвиток талановитих педагогічних кадрів є фундаментом розвитку транспортної освіти. Концепція передбачає формування максимально комфортних для працівників транспортних освітніх організацій інфраструктурних та організаційних умов, впровадження прозорої системи показників ефективності та матеріального стимулювання за досягнення результату, заходи щодо дебіюрократизації внутрішніх процедур, використання реальних конкурсних інструментів у частині кадрової політики. Будуть розроблені та впроваджено систему розвитку кар'єри для молодих працівників транспортних освітніх організацій, система конкурсів серед педагогічних працівників та проектних команд для виявлення, заохочення та просування талантів, корпоративні програми розвитку людського капіталу, які включають систему навчання за додатковими професійними програмами, у тому числі у формі стажувань, для кадрового резерву, будуть удосконалюватися забезпечення соціальних гарантій та захищеності колективів освітніх організацій, системи матеріального та морального стимулювання.

Успішність та самореалізація випускників, а також їхня затребуваність у роботодавців стануть ключовими показниками оцінки результативності освітньої діяльності транспортних освітніх організацій.

Транспортні освітні організації розвиватимуть взаємодію з підприємствами транспортного комплексу з метою залучення студентів, педагогічних працівників та дослідників до вирішення актуальних проблем галузі та провідних організацій.

Транспортні освітні організації стануть відкритим експертним майданчиком для обговорення та вирішення складних галузевих проблем із залученням до дискусій представників федеральних та регіональних органів державної влади, роботодавців та підприємців, українських та зарубіжних експертів, студентів та педагогічних працівників, громадських організацій, молоді, інших зацікавлених сторін. Транспортні освітні організації стануть основним майданчиком для дискусій про майбутнє транспортної галузі та прийматимуть активну участь у значних

суспільно-державних ініціативи та проекти.

Отже важливою умовою ефективного розвитку транспортного освіти є модернізація навчальної, тренажерної та лабораторної бази транспортних освітніх організацій та їх філій. Обов'язковими елементами сучасної інфраструктури транспортної освіти організації повинні стати оснащені актуальним обладнанням лабораторії для наукових досліджень та розробок, технопарки та майстерні для реалізації науково-технічної творчості учнів, що трансформуються для навчання, спілкування, командної та проектної роботи аудиторії, коворкінги та пересувні комп'ютерні класи, комфортні бібліотеки як простору для соціально-культурного розвитку, «точки кипіння».

РОЗДІЛ 1

Комплексна діагностика дизелів тепловозів «ЧМЕЗ» і версія діагностичного комплексу D4.0h

1.1 Модифікація прикладної програми комплексу D4.0h

Необхідність внесення змін до діагностичного програмного комплексу D4.0h викликана необхідністю побудови індикаторних діаграм дизелів (ДВЗ) тепловозів ЧМЕЗ.

До конструктивної специфіки ДВЗ тепловозів відносяться:

- розташування дизельного двигуна на локомотиві і індикаторного крана, можливість доступу до паливного насосу високого тиску (ПНВТ) і газорозподільного механізму, особливості конструкції кришки циліндрів
- можливість діагностування газорозподільного механізму за допомогою віброакустичних датчиків;
- можливість діагностування ПНВТ за допомогою віброакустичних датчиків.

Організаційними особливостями діагностики ДВЗ тепловозів ЧМЕЗ є:

- способи зовнішнього завантаження ДВЗ в умовах стендових випробувань;
- забезпечення постійної сили навантаження ДВЗ в умовах стендових випробувань.

Щоб продемонструвати специфіку діагностики ДВЗ тепловозів в умовах стендових випробувань, проведено стислий аналіз конструкції і розміщення базових елементів локомотива, включно з дизелем і постом керування.

Базові елементи тепловоза ЧМЕЗ (рис. 1.1) включають наступні вузли: 1 - зчеплення; 2 - АКБ; 3 - пісочний бункер; 4 радар; 5 - камера апаратів; 6 - ящик для інструменту; 7- ізоляційні стінки; 8 - керуючий резервуар; 9 - генератор тяги; 10 – нагнітаюча турбіна; 11 - дизель; 12- радіатор допоміжного контуру; 13- вентилятор допоміжної системи; 14- жалюзі шахти холодильника; 15 –

вентилятор головної системи; 16 - рідинні секції основного радіатора; 17- основна рама; 18 - візок передній; 19 - вентилятор для охолодження тягових електродвигунів переднього візка; 20 - електродвигун тяговий; 21 - пара колісна; 22- бак паливний; 23 - вентилятор для охолодження електродвигунів візка заднього; 24 - болт підвісний; 25 - візок задній; 26 - пульт допоміжний; 27 - гальмо ручне; 28 - обігрівач; 29- шафа; 30 – агрегат машинний; 31 - резервуар головний; 32 - жалюзі шахти холодильника бічні; 33 - поршневий компресор; 34 - редуктор гідравлічний; 35- резервуар запасний; 36 - пульт керування тепловозом.

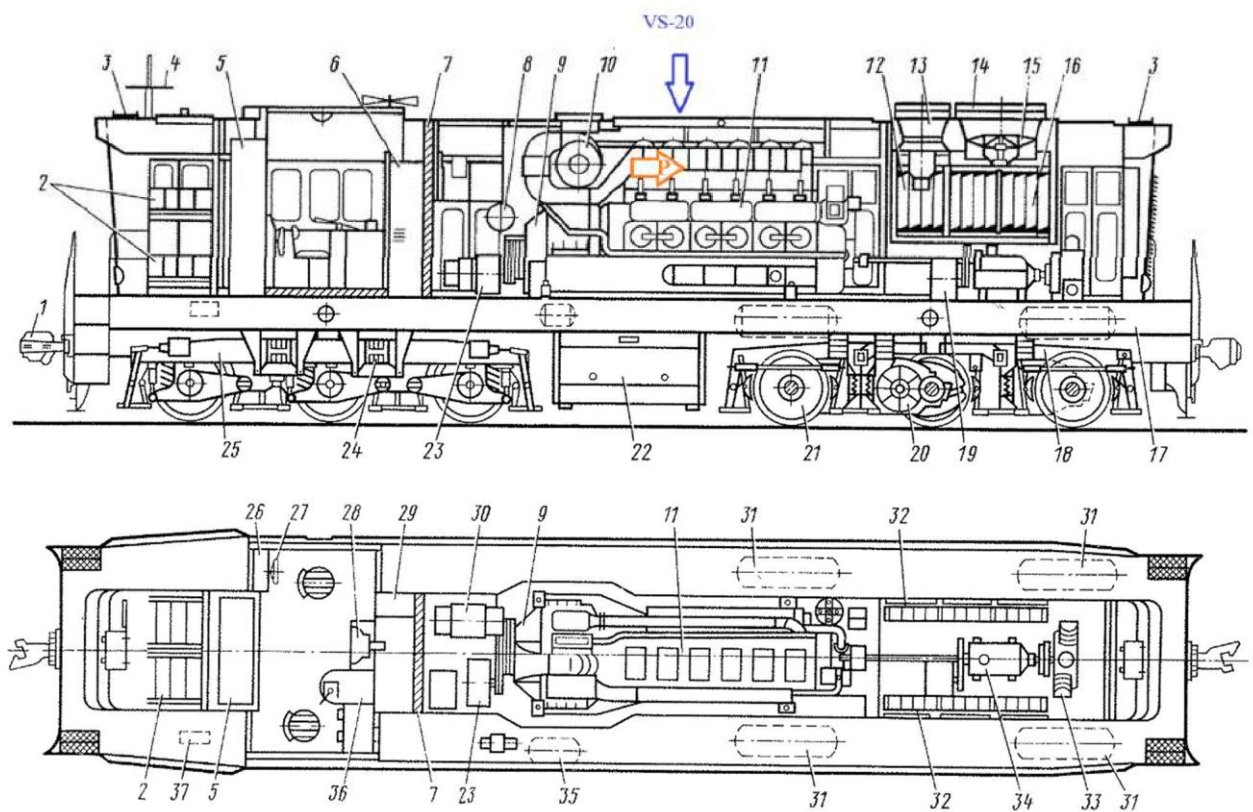


Рис. 1.1 – Схема розташування елементів тепловоза ЧМЕЗ

Основним фактором якісного проведення діагностики ДВЗ є постійність навантаження протягом всього етапу визначення технічного стану (75 - 95%), яке можна реалізувати тільки в умовах стендових випробувань.



Рис. 1.2 – Тепловоз ЧМЕЗ на пункті стендових випробувань

Ще одна значна вимога – можливість розміщення віброакустичного датчика vs-30 в ПНВТ і газорозподільному механізмі ДВЗ.



Рис. 1.3 – Розміщення віброакустичного датчика vs-30 на паливну форсунку ДВЗ

На рис. 1.2, 1.3 продемонстровано спосіб розміщення віброакустичного датчика vs-30 на паливну форсунку ДВЗ. Акустичні датчики розміщуються на верхньому корпусі форсунки. Це дає змогу виконувати запис вібродіаграм роботи як голки (інжектора) форсунки, так і газорозподільних клапанів під час їх закриття. Установка вібродатчика vs-30 відбувається за допомогою виносної штанги і, таким чином, він може бути встановлений на корпусі форсунки, що занурено вглиб поверхні кришки циліндра між впускним і випускним клапанами газорозподільного механізму.

Праворуч від платформ розташовується датчик визначення тиску Ps-30M (рисунок 1.3, 1.1)



Рис. 1.4 – Розміщення датчика тиску Ps-30M на кран індикаторний

Головний датчик тиску газів в камері згоряння (КЗ) Ps-30M має невеликі розміри (40 x 45 мм) і має можливість встановлюватись на різні модифікації індикаторних кранів всіх типів ДВЗ, що встановлюються на тепловозах ЧМЕЗ.

Зовнішні зусилля на дизель задаються з кабіни керування встановленням ручки навантаження з першої по восьму ступінь. Важливою специфікою стендових випробувань є те, що побудова індикаторних діаграм здійснюється при положенні рукояті на 6,7,8 ступінь, а в інтервалах між розміщенням датчиків на циліндри виконується зниження навантаження до першого режиму. В цілому у кожному циліндрі стан діагностується після вирівнювання і стабілізації показників, після підвищення зовнішнього зусилля з 1-8 ступінь.

Особливістю діагностики тепловозів є необхідність часу очікування та контролю стабільності параметрів між окремими діагностиками циліндрів, що призводить до необхідності модернізації складного існуючого програмного забезпечення D4.0h.

Команда на встановлення датчиків і ініціювання початку діагностики для кожного циліндра видається з диспетчерської, як показано на рис. 1.5., це сприяє візуальному спілкуванню між майстрами-діагностами, залученими до процесу діагностики тепловозів.



Рис. 1.5 – Кабіна керування тепловоза

Ручка керування має вісім положень навантажень що фіксуються. Під час перевірки кожного циліндру, в інтервалах між перемиканням контролерів, навантаження скидається з максимальної позиції на мінімальну. Після встановлення датчиків і початку запису та розрахунків діагностичних параметрів, керуюча програма здійснює витримку в часі і контролює стабільність показників робочого процесу ДВЗ з високою точністю (не більше 2% відхилення від середнього значення). Показники, за якими відбувається контроль між діагностуванням окремих циліндрів:

Оберти колінчастого вала - RPM

Максимальний тиск стиснення в циліндрі - P_{comp}

Тиск на лінії 36° після ВМТ - P_{exp}

Ступінь підвищення тиску в циліндрі – $\lambda = \frac{P_{max}}{P_{comp}}$

Середній тиск в камері згоряння - P_t

Характеристика базових модулів комплексу D4.0h. Діагностичний комплекс був розроблений для контролю судових дизелів. Але, після модернізації, він може бути застосований на дизелях тепловозів та інших дизельних енергетичних установках. Основні об'єкти діагностики: дизельгенератори, дизелі тепловозів , інші дизельні енергетичні установки.

Модуль часу роботи комплексу D4.0h. Модуль часу роботи комплексу D4.0h використовується для фіксації параметрів при роботі ДВЗ і попереднього розрахунку трьох основних показників робочого процесу (такти ДВЗ визначається в автоматичному режимі):

- $P_z(P_{max})$ - найбільший тиск при згорянні суміші в циліндрі;
- RPM - оберти колінчастого вала ДВЗ;
- P_t - середній тиск в камері згоряння.

В автоматичному режимі визначення тактів роботи двигуна дозволило провести відстеження параметрів, без попереднього налаштування, на вид дизеля. Дані запису параметрів окремих циліндрів передавались з комплексу D4.0h в ПК по інтерфейсу GC-332 зі швидкістю 125500 б/с.

Програмне забезпечення дозволяє розрахувати основні параметри роботи ДВЗ при діагностуванні.

Комплекс D4.0h здійснює розрахунок наступних параметрів роботи ДВЗ:

Середній тиск в камері згоряння

Індикаторна потужність циліндра

Обертання колінчастого вала ДВЗ

Максимальний тиск згоряння в камері

Максимальний тиск стискання в камері згоряння

Максимальна швидкість збільшення тиску в камері згоряння

Ступінь збільшення тиску

Тиск на початку горіння робочої суміші

Дійсні та геом. фази подачі палива в камеру згоряння

Фази газорозподілу ГРМ

Період і кут затримки детонації палива

Моніторинг технічного стану ПНВТ і ГРМ

Тиск на усіх точках графіка

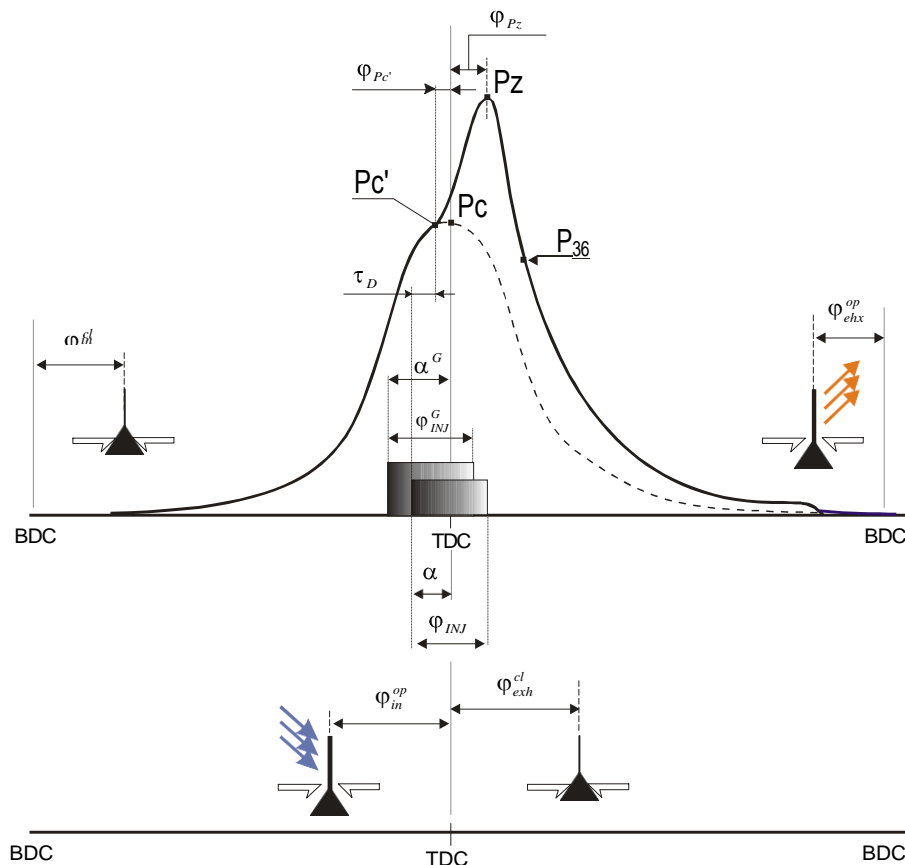


Рис. 1.6 – Головні показники робочого процесу ДВЗ тепловоза визначені комплексом D4.0h

Характеристики програмного забезпечення:

1. $P(\varphi), P(V)$ - індикаторні діаграми;
2. $dP/d\varphi$ - діаграми похідних (кутова швидкість зміни тиску газів в циліндрі);
3. вібродіаграми $vit(\varphi)$ - для аналізу фаз подачі палива, газорозподілу і оцінки технічного стану паливної апаратури і механізму газорозподілу;
4. зведені діаграми, зведені бар-діаграми, зведена таблиця основних розрахункових параметрів;
5. розрахунковий метод визначення ВМТ циліндра (PLS-алгоритм);
6. звіт по робочому процесу в кожному циліндрі, зведений звіт;
7. Windows 98 – XP, оптимальна здатність екрана 1280 x 1024 (min 1024 x 768).

Алгоритмічна синхронізація даних. Визначення ВМТ, НМТ і подальша синхронізація даних проводиться розрахунковим шляхом, за допомогою PLS-алгоритму «безфазової синхронізації». Перша версія PLS-алгоритму була розроблена в 1994 р для переносних систем DEPAS 2.34. До теперішнього часу він істотно модифікований і пройшов ретельне тестування на двигунах МОД, СОД і ВОД. Завдяки використанню PLS-алгоритму моніторинг робочого процесу проводиться без установки синхронізуючих датчиків на маховику двигуна, що робить систему DEPAS D4.0H універсальною - готовою до використання на будь-якому двигуні без його попередньої підготовки. Крім переваг системи, пов'язаних з можливістю оперативного моніторингу, PLS-алгоритм має наступні важливі властивості:

- PLS-алгоритм автоматично враховує скручування колінчастого вала на навантаженому двигуні;

- PLS-алгоритм автоматично враховує можливі невідповідності між справжнім станом ВМТ і відміткою на маховику, які можуть виникнути внаслідок неточного маркування;

- PLS-алгоритм автоматично враховує зміщення ВМТ під час експлуатації внаслідок впливу проміжків в деталях КППМ і інших експлуатаційних факторів;

- PLS-алгоритм автоматично враховує вплив кінцевої швидкості проходження хвилі тиску в каналі індикаторного крана (від камери згоряння до мембрани датчика тиску);

- PLS-алгоритм дає можливість здійснювати моніторинг робочого процесу без попередньої підготовки двигуна (під час роботи з системами моніторингу, які використовують апаратну синхронізацію, найбільш трудомістка і тривала частина підготовки системи до роботи - установка фазового датчика і маркування маховика);

- відсутні часові та фінансові витрати на установку датчиків (застосування PLS-алгоритму дозволяє здійснювати індиціювання дизеля безпосередньо в процесі його експлуатації, без спеціальної підготовки, яка необхідна при апаратній синхронізації даних).

Лабораторні випробовування та фізичні апробації комплексів DEPAS показали, що точність налаштування при використанні PLS-алгоритму подібна до точності апаратної синхронізації. Найбільша фазова похибка визначення тактів роботи ДВЗ і в цілому налаштування датчиків не перевищує $0,7^\circ$ ПКВ, це дало змогу найбільш точно врахувати середній індикаторний тиск і індикаторну потужність в камері згоряння під час роботи ДВЗ.

Етапи подачі палива і фази газорозподільного механізму, а також технічний стан ПНВТ і ГРМ визначалися за допомогою вібродатчика контактного типу vs-30. Датчик працює за законом ел. магнітної індукції і фіксується в місцях контактів. Встановлення основних параметрів відбувалося без розбирання паливної апаратури і монтувалось за допомогою спеціальних кріплень до ГРМ.

У комплексах DEPAS було вперше застосовано два датчики (вібродатчик та датчик тиску в КЗ) для детального аналізу робочого процесу в циліндрі ДВЗ. Аналіз результатів діагностування робочого процесу ДВЗ кількісно і якісно розширив область контрольованих показників. Вивчення технічного стану і умов роботи циліндра стала можливою завдяки діаграмі тиску газів та по діагностичним показникам процесу впорскування палива і роботі газорозподілу.

Датчик vs-30 безпосередньо включений до складу комплексу DEPAS. Комплекс виконано в сталевому корпусі, датчик тиску розміщено на зручній відстані за допомогою армованого кабелю. Комплекс керується одним перемикачем з фіксацією в трьох положеннях. Керування здійснюється трьома основними командами: короткочасне натискання – Click , натискання подвійне - Double click і тривале натискання - Long press.

Сумарна вага комплексу з датчиками не перевищує 2,5 кг. Ємності батарей живлення (6xА1) вистачає на 8 годин безперервної роботи.

Робота вібродатчика в комплексі продемонстрована на рис.1.7. Перша діаграма - зміна положення голки форсунки при впорскуванні палива. Друга діаграма - тиск в паливній системі перед форсункою. Третя діаграма - прорахована вібраційна діаграма на корпусі форсунки.

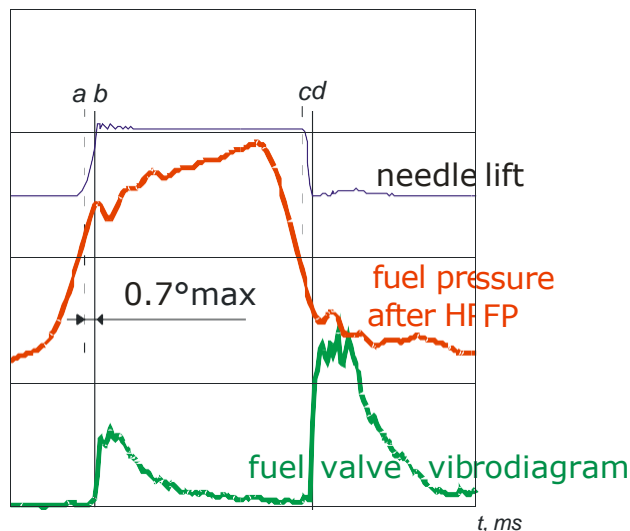


Рис. 1.7 – Комбінована діаграма режимів форсунки ДВЗ тепловоза

Режими роботи форсунки (підйом голки, відповідно до посадки - верхня діаграма) співпадають з попередніми границями вібраційних імпульсів на третьому графіку , рис. 1.7. Отже, проаналізувавши вібродіаграми ми змогли оцінити режими подачі палива і роботи форсунки за допомогою запропонованого комплексу, не розбираючи форсунки і без монтажу контрольних датчиків в систему ПНВТ. З рис. 1.7 видно, що форма графіків відображає технічний стан форсунок і залишковий ресурс всієї паливної апаратури ПНВТ. При справному технічному стані ПНВТ форсунка створює два основних сигнали (перший - на початку і другий - в кінці циклу роботи) з чітко вираженими границями. У випадку кріплення датчика на торець корпусу форсунки, можна визначити дійсний кут випередження впорскування палива, порахувавши фазову відстань від передньої границі до ВМТ. При установці датчика вібрації на заглушку навпроти відсічного вікна паливного насосу, можна визначити геометричний кут початку подачі палива, прорахувавши фазову відстань від передньої границі імпульсу до ВМТ .

Принцип роботи програмного забезпечення системи D4.0h та алгоритм функціонування.

Спочатку оператор розрахунку проводить оцінку коректності записів всіх

параметрів в реальному часі і початкових розрахунків - на екрані, тактність роботи циліндрів характеризує короткий час. Перевірка помилок запису показників, пов'язаних з можливими дефектами системи індикаторного крану, перевіряється адекватною оцінкою модулем реального часу тактів роботи ДВС.

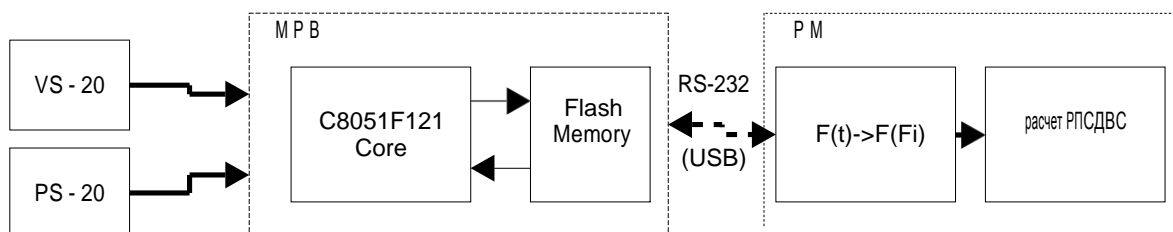


Рис. 1.8 – Принципова схема модуля D4.0h

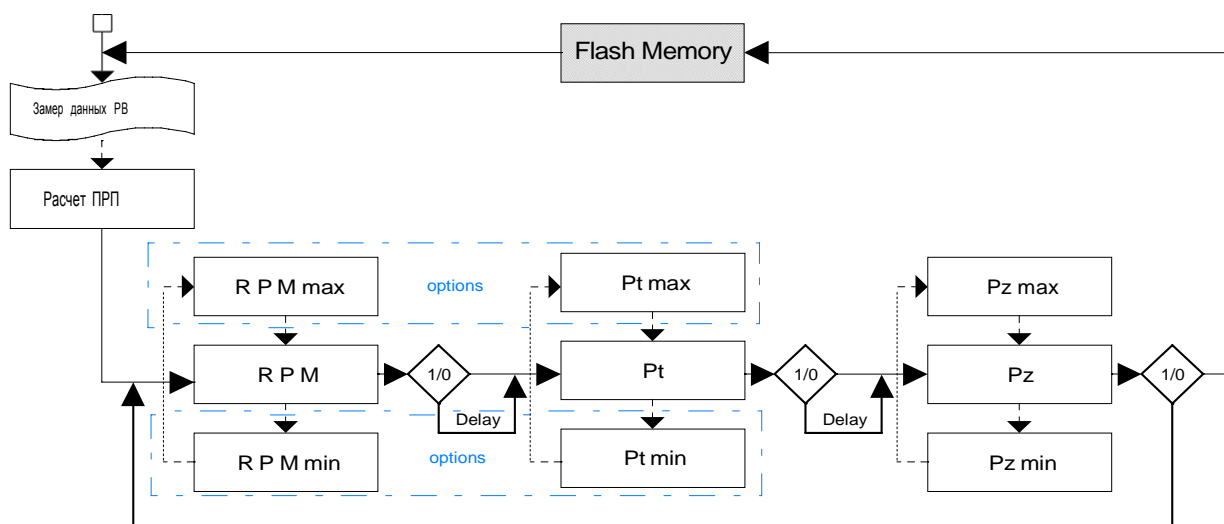


Рис. 1.9 – Алгоритм отримання показників на екрані модуля

Модулем реального часу МРЧ фіксуються показники роботи кожного циліндра, оцінюється декілька послідовних робочих циклів. Настроювальна частина розрахункової системи задає кількість циклів. Такий підхід дозволяє не тільки визначати основні показники параметрів ДВЗ і їх невідповідність (рис. 1.8), але й оцінювати рівномірність і стабільність роботи паливної системи ДВС.

Зазначені параметри (P_t , P_z rpm, і їх невідповідність нормативним значенням) розраховувались по отриманим записам робочих циклів ДВС і є найбільш вагомими для експрес-оцінки стану циліндрів і КШМ. Синхронізація

показників проводилась для наступного етапу розрахунку параметрів робочого

циклу i , таким чином, весь наступний етап розрахунку виконувався вже в розрахунковому модулі програми.

Робота розрахункового модуля полягає у виконанні послідовних математичних завдань з синхронізації отриманих даних, що надійшли з модуля МРВ. Це, по суті, визначення координат основних положень поршня (ВМТ і НМТ) і наступне розшифрування індикаторних діаграм з часової функції у функцію позміни кута повороту колінчастого вала ДВЗ:

$$F(t) \rightarrow F(\varphi^{\circ} \text{ЗКВ})$$

Для цього необхідно враховувати нестабільність обертів колінчастого вала (КВ), що притаманно сучасним малооберттовим тихохідним ДВС (L - МС, S - МС, R-ТА та інші.).

Під час виконання завдання синхронізації був застосований оптимізаційний метод мінімізації нелінійної n -параметричної функції (Powell - 65). При розрахунку програма Powell - 65 використовувалася двічі: для пошуку координатного положення ВМТ (модель синусоїдальна) і остаточний розрахунок методом моделювання швидкості зміни тиску в циліндрі $dP / d\phi$. Перевагою алгоритму Powell - 65 є висока стійкість до значної зашумленості даних, що для випадку роботи ДВС є досить суттєвою. Цей метод є пошуком з умовним закінченням ітерацій. Незважаючи на це, вдалося сформулювати такі початкові початкові умови, що сумарний час на вирішення задачі синхронізації виявився достатнім для сучасних ПК.

Під час моделювання робочого циклу використовувались паспортні дані ДВС і натурні індикаторні діаграми робочого процесу $F(\phi)$. Це дозволяє

досягнути максимальної точності моделювання, провести детальний аналіз поточного технічного стану циліндра і скласти достовірний прогноз за даними попередніх розрахунків.

Основні етапи синхронізації і розрахунку параметрів робочого процесу можна представити наступними пунктами.

1. Моделювання $\frac{dP}{d\varphi}$ на ділянці стиснення (рис. 1.10), де миттєві значення

тиску в циліндрі в загальному випадку представляються формулою

$$P_j = P_a \left(\frac{V_j}{V_a} \right)^{n1}, \quad (1.1)$$

де P_a – тиск на початку стиснення, а V_j - поточний обсяг циліндра:

$$V_j = V_c + 0,5V_s \left[1 + \frac{1}{\lambda_\phi} - \cos \varphi_j - \frac{1}{\lambda_\phi} \sqrt{1 - (\lambda_\phi \sin \varphi_j)^2} \right]$$

$n1$ – показник політропи стиснення - на етапі синхронізації приймається постійним, рівним 1,37-1,42 залежно від типу СДВЗ.

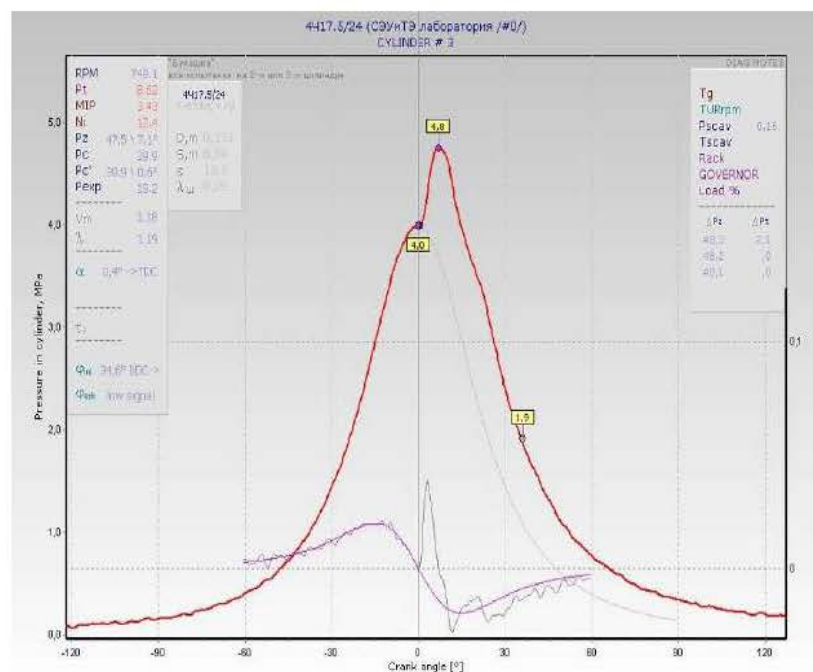


Рис. 1.10 – Робочий екран розрахункового модуля на етапі синхронізації

2. Корекція розрахункового значення ВМТ - виходячи з того, що швидкість зміни тиску в ВМТ дорівнює нулю (см. рис. 1.10)

$$\frac{dP}{d\varphi_{ВМТ}} = 0. \quad (1.2)$$

3. Побудова моделі кривої $P(\varphi)$ ділянки стиснення до $\varphi_{P'_c}$ (кута початку займання палива) і екстраполяція моделі на такт розширення.

4. Розрахунок середнього індикаторного тиску методом збільшення обсягів

$$P_i = \frac{1}{V_S} \sum_{j=1}^m \frac{P_{j+1} + P_j}{2} (V_{j+1} - V_j).$$

5. Розрахунок індикаторної потужності та інших параметрів робочого процесу.

На етапі попередньої обробки даних реального часу необхідно провести фільтрацію високочастотних шумів, що виникають внаслідок кінцевої частоти дискретизації АЦП. На цьому етапі використовуються методи гармонійного аналізу і цифрової фільтрації на базі швидкого перетворення Фур'є (БПФ).

Основні цілі і завдання модернізації керуючої програми реального часу діагностичного комплексу D4.0H

1) Логічний поділ завдань, отримання найбільш значущих параметрів і повного розрахунку робочого процесу.

У процесі поточної експлуатації дизелів тепловозів технічного персоналу немає необхідності проводити діагностику і розрахунок робочого процесу і процесу тепловиділення в циліндрах, але абсолютно необхідно мати можливість швидкої оцінки декількох найбільш значущих параметрів робочого процесу. З іншого боку, в тих ситуаціях, коли потрібно більш детальний аналіз стану циліндра, необхідно провести розрахунок і аналіз робочого процесу в ньому. Для цього достатньо мати спеціальне програмне забезпечення, побудоване на базі сучасної ітераційної математичної моделі робочого процесу. Вихідні дані для моделювання і подальшого аналізу можуть бути накопичені в модулі реального

часу і надіслані в розрахункову систему за допомогою вбудованих інтерфейсів ПК.

2) Суттєве спрощення алгоритму системи моніторингу.

Модуль поетапного моніторингу проєдставляє собою портативний компактний пристрій, зроблений на основі звичайного мікроконтролеру з вбудованою пам'яттю, і програмне забезпечення для ПК, яке встановлюється на операційну систему Win 7. Записи індикаторних вимірювань на ДВЗ накопичуються в архіві пам'яті, потім проводиться розрахунок основних показників і відтворення їх на моніторі модуля реального часу. Завдяки коротким зв'язкам з модуля видалені зайві шлейфи і всі зайві перетворювачі. Процедуру діагностування виконують два майстра-діагноста. Програмне забезпечення модуля може бути встановлено на звичайний ПК. Індикаторні діаграми та звіти друкуються на принтері.

Розділ 2

Методика діагностування ДВЗ K6S310DR тепловозів ЧМЕЗ

2.1 Характеристика обладнання

Дизельний двигун K6S310DR встановлюється на тепловозах ЧМЕЗ, та на інших енергетичних установках для живлення акумуляторів. Цей дизель має рядний шестициліндровий блок і робочий об'єм 163 літри, в конструкції передбачено турбонагнітач, рис. 2.11. При оптимальній частоті обертання колін. вала (775 об/хв.) потужність складає 1100 кВт. В режимі холостого ходу оберти двигуна - 350 об/хв. Камера згоряння розміщена в поршні, діаметр поршня - 310 мм, хід поршня складає - 360 мм. Ефективна витрата палива ДВЗ складає 230 г/(кВт·год).

Для сучасних умов і вартості ПММ така витрата палива не є припустимою і вітчизняні дизелі не витримують конкуренцію з імпорними більш економічними і технологічними ДВЗ, які працюють на середніх обертах., Caterpillar, Matari MR, Konner&Sohnen, та інші. Конструкція яких дозволяє зменшити питому витрату палива до 200 г/(кВт·год). Наприклад, Matari KS 500-1DE-G при аналогічних механічних характеристиках має питому ефективну витрату палива 168 г/(кВт·год). Під час експлуатації, технічний стан двигуна K6S310DR погіршується, ефективна потужність зменшується, витрата палива, навпаки, зростає до 300 г/(кВт·год), що робить подальшу експлуатацію тепловоза економічно не вигідною. Запобігти передчасному настанню граничного стану двигуна можна за допомогою моніторингу робочого процесу і періодичної діагностики. Ці технологічні впливи дозволять дотримуватися значень потужності і витрати палива в межах, зазначених в нормативній документації, шляхом своєчасного виявлення відхилень від норми і внесення коректив до регламенту проведення технічних обслуговувань і поточних ремонтів, а також проведення регульовальних робіт системи живлення і газорозподільного механізму.

Діагностичний комплекс D4.0h з 2005 року використовується для дизелів енергетичних установок. Вже накопичено значний досвід експлуатації цього

модуля і керуючої програми. Основними характерними відмінностями програми, що дозволяють швидко і якісно виконувати діагностику дизелів є: 1) одночасний аналіз тиску в камері згоряння, ПНВТ і ГРМ; 2) використання аналітичного алгоритму синхронізації параметрів.

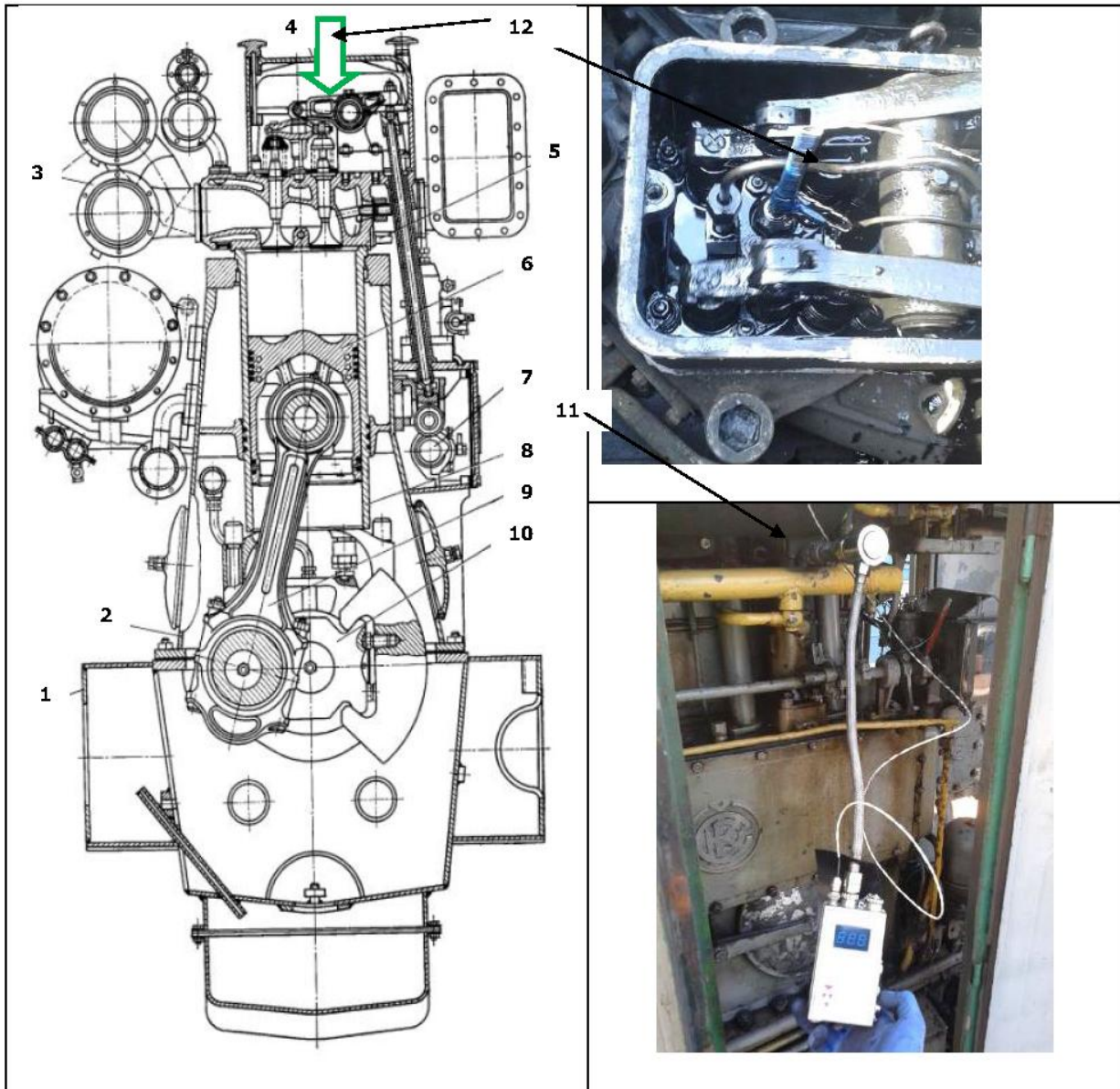


Рис. 2.11 – Дизель К6S310DR

1- рама; 2- блок; 3- випускні колектори; 4- привід клапана; 5- кришка циліндра; 6 - поршень; 7- розподільний вал; 8- втулка циліндра; 9- шатун; 10 колінчастий вал; 11- система моніторингу D4.0H . Датчик тиску PS-30m на індикаторному крані; 12- вібродатчик VS-30m встановлений на торець форсунки, ковпак кришки циліндра знятий.

Попереднє використання діагностичного модуля на дизелі K6S310DR дало можливість, оперативно і своєчасно отримувати важливу інформацію про технічний стан і залишковий ресурс системи живлення і ГРМ. При стендових випробувань датчик тиску встановлюється в циліндри послідовно (рис.2.11), при цьому забезпечується постійне зовнішнє навантаження (6 - 8 режим, що відповідає 65% від номінального). Датчик вібрації VS-30m монтується на корпусі форсунки поруч з кришками циліндрів. При цьому спостерігається незначне розбризкування масла. Довелося виконувати установку вібродатчика на магнітній основі з використанням спеціального подовжувача корпусу датчика.

На рисунку 2.12 наведена діаграма параметрів робочого циклу ДВЗ, які побудовані діагностичним модулем. Показники оброблюються трьома інформаційними каналами: тиск газів в КЗ, діаграма функціонування паливної системи і діаграма роботи газорозподільного механізму.

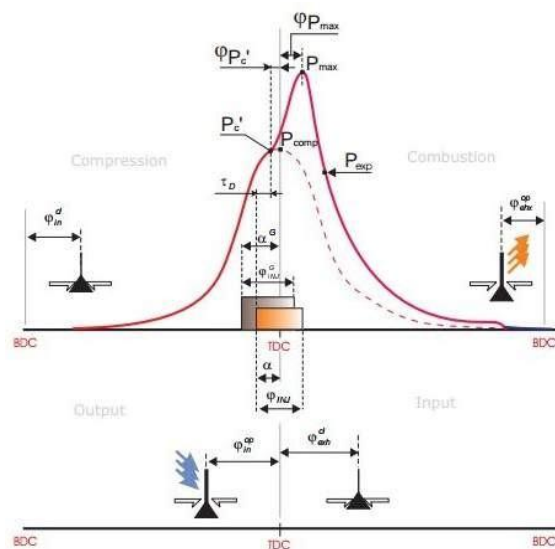


Рис. 2.12 – Показники робочого циклу ДВЗ, що визначаються системою D4.0h

Датчик тиску газів в КЗ ДВЗ PS-30m є основною вимірювальною одиницею модуля D4.0h. Сигнали з нього надходять для розрахунку тиску в циліндрах, індикаторної потужності циліндрів та розрахунку базових параметрів ДВЗ і

робочого процесу. Вібродатчик VS-30m є допоміжним датчиком системи. Аналіз віброімпульсів різних вузлів паливної апаратури і циліндропоршневої групи дизеля дозволяє визначати фази подачі палива і газорозподілу, а також здійснювати оцінку технічного стану за формами вібродіаграм.

Середній індикаторний тиск робочого циклу розраховується за дискретно записаної розгорнутої індикаторної діаграми методом прирощених обсягів. Крок дискретизації $\Delta\varphi \leq 0.5^\circ$ повороту колінчастого вала ПКВ.

$$p_i = \frac{1}{V_s} \sum_{j=1}^m \frac{p_{j+1} + p_j}{2} (V_{j+1} - V_j) \quad (2.3)$$

де m - кількість ділянок розбиття індикаторної діаграми.

Для кожного кута повороту φ_j колінчастого вала поточний обсяг циліндра записується у вигляді:

$$V_j = V_c + 0.5V_s \left[1 + \frac{1}{\lambda_a} - \cos \varphi_j - \frac{1}{\lambda_a} \sqrt{1 - (\lambda_a \sin \varphi_j)^2} \right] \quad (2.4)$$

де V_c - обсяг камери стиснення,

$\lambda_{ш} = S / 2L_{ш}$ - відношення радіуса мотилі колінчастого вала до довжини шатуна між осями його підшипників.

Індикаторна потужність дизеля розраховується за формулою

$$N_i = c_1 D^2 S n p_i \quad (2.5)$$

де n - частота обертання КВ двигуна, хв^{-1} ;

i - число циліндрів;

c_1 - коефіцієнт, що враховує тактність дизеля і розмірності вхідних величин для приведення результату до системи СІ

($c_1=6.55$ для 4-х тактних дизелів; $c_1=13.1$ для 2-х тактних дизелів).

Умова визначення кута моменту початку самозаймання палива:

$$\left(\frac{d^2 p}{d\varphi^2} \right)_{MAX} = \left(\frac{d^2 p}{d\varphi_{P'c}^2} \right)$$

Друга похідна $d^2 p / d\varphi^2$ розраховується для ділянки від $\varphi = \varphi_{0.5P_c}$ - середина ділянки стиснення, до $\varphi = \varphi_{P_{\max}}$ із заданим кроком $\Delta\varphi$ за формулою чисельного диференціювання.

Для практичної оцінки механічної жорсткості використовується середня швидкість наростання тиску від кута початку згоряння $\varphi_{P'_c}$ до кута максимального тиску згоряння φ_{P_z} :

$$\bar{v}_m = \frac{\Delta p}{\Delta \varphi}, \quad (2.6)$$

$$\text{де } \Delta p = p_z - p'_c, \quad \Delta \varphi = \varphi_{P_z} - \varphi_{P'_c}.$$

Інші параметри робочого процесу, показані на рис. 2.13, а також фази подачі палива і газорозподілу визначаються за допомогою методів.

Результати параметричної діагностики дизеля К6S310DR маневрового тепловоза ЧМЕЗ до і після ремонтних робіт наведені на рис. 2.13. При навантаженні вище 6-ої ступені спостерігався чорний дим. Під час першого діагностування були зафіксовані значні відмінності температур випускних газів між циліндрами (більш 70 °С). Діагностика показала нерівномірність потужностей циліндрів і максимальних тисків згоряння до 20%, рис. 2.13А1. На циліндрах № 1, 2, 4 спостерігалася дробове уприскування палива. Крім того, на циліндрах № 1, 4 заміна форсунок не привела відразу до виправлення ситуації і дробове уприскування збереглося. Аналіз вібродіаграми на відсічній пробці паливного насоса високого тиску (ПНВТ) показав вібродіаграму, характерну для зниженого тиску подачі палива, тобто втрату гідро щільності плунжерної пари ПНВТ.

На циліндрах № 2, 3 спостерігалася характерна двоімпульсна вібродіаграма закриття впускних клапанів (рис. 2.13b1), а на циліндрі № 6 - випускних клапанів (рис. 2.13d). Це викликано порушенням в регулюванні механізму газорозподілу і асинхронність роботи клапанів.

Використовуючи отримані показники діагностичних випробувань було виконано декілька поточних ремонтних робіт, діагностування і дефектування КШМ, ГРМ і ПАВТ виконувалось між ремонтними циклами. Діагностика дозволила отримати результати:

- зниження нерівномірності потужності по циліндрах до 2,5%, рис. 2.13;
- зменшення нерівномірності максимальних тисків згоряння по циліндрах ДВЗ до 3%;
- стабілізація розподілу максимальних температур випускних газів по циліндрах до 4,5 %;
- Показники вприску форсунок на всіх секціях відповідають нормативним значенням роботи ПАВТ в цілому (підйом і посадка інжектора форсунки з чітко вираженими передніми фронтами, що видно з двоімпульсної діаграми рис. 2.13b2.
- Вібродіаграми роботи ГРМ мають вигляд, що відповідає синхронній роботі впускних і випускних клапанів – один чіткий імпульс, про фази закриттів клапанів указують максимумами віброімпульсів, які співпадають з їх нормативними значеннями, рис. 2.13b2. Це вказує на правильну установку теплових зазорів і, справний технічний стан ГРМ.

На дизелях тепловозів К6S310DR застосовано однофазний вприск. Про задовільну роботу паливної апаратури високого тиску можна судити по фазі роботи форсунок. По підйому і посадці голки в певних, заданих фазах, рис 2.13b2. В цей час підймання інжектора форсунки повинен відбутися з певним кутом випередження до ВМТ з урахування конструкції ПНВТ (забезпечення оптимального кута випередження впорскування). Якщо відбувається зміна фази підйому і посадки голки, відповідно початку і закінчення тактів, а також часті підскоки голки, це свідчить про несправність ПАВТ, зниження потужності і підвищення витрати палива.

Несинхронна робота клапанів при чотирьохклапанній системі газорозподілу найбільш характерний дефект ГРМ, який виявляє себе у вигляді двох або множинних імпульсів на діаграми, рис. 2.13 b1, d, e. Відсутність або нечіткість імпульсу на вібраційній діаграмі роботи клапанів теж є ознакою

дефекту. Тому необхідно проводити своєчасний контроль теплового зазору і профілактику ГРМ. Нормальному технічному стану ГРМ відповідають форми віброімпульсів впускних і випускних клапанів показані на рисунку 2.13b2.

Комплекс D4.0h дозволяє записувати переміщення голки форсунки і, таким чином, контролювати технічний стан ПАВТ взагалі. Разом з вібраційними імпульсами форсунки при впорскуванні фіксуються і аналізуються сигнали, що утворюються при закритті газорозподільних клапанів. Це дозволяє контролювати технічний стан ГРМ і регламентувати періодичність технічного обслуговування.

2.2 Методика проведення регулювальних робіт ПАВТ і ГРМ

Для забезпечення надійної роботи ДВЗ тепловоза, з мінімальною питомою витратою палива, забезпечення високої надійності і збільшення тривалості роботи на номінальній потужності дизеля, необхідно підвищувати якість процесу згоряння палива в камерах згоряння і робочого процесу в цілому. Якісні показники робочого процесу і ефективності згоряння палива залежать від точності регулювання паливної апаратури та газорозподільного механізму, правильно розрахованої висоти камери згоряння, зменшення розбіжності навантаження по окремих циліндрах та інш. Отже, якість діагностично-регулювальних робіт, відіграють ключову роль.

Методика регулювання систем дизеля включає наступні заходи:

1. Під час ТО і ремонту ДВЗ, проведенні контрольних-діагностичних робіт необхідно приділяти увагу стану впускних і випускних клапанів (тарілок, сідел, направляючих втулок), це зумовлено тим, що порушення щільності прилягання клапанів ГРМ значно впливає на надійність і економічність роботи дизеля. У випадку, коли елементи клапана мають дефекти, то його необхідно відремонтувати у відповідності з рекомендованою технологією.

Герметичність сполучення клапан-сідало впускних і випускних клапанів можна перевірити за допомогою приладу YATO YT-73055, який дозволяє виміряти ступінь зносу шляхом подачі стиснутого повітря і виміру падіння тиску

у відсотковому значенні. Падіння тиску повітря свідчить про негерметичність поверхні клапан-сідало.

2. Контроль теплових зазорів випускних і впускних клапанів виконується на холодному дизелі, люки розподільного вала при цьому відкриті. Також необхідно виконати регулювання синхронного закривання і відкривання траверс випускних і впускних клапанів ГРМ.

Перевірка теплових зазорів проводиться під час ТО-2, періодичність якого вказано в нормативній документації. Значення теплового зазору також чітко регламентується керівництвом по експлуатації. Зменшення зазору клапанів приводить до завчасного їх відкриття, і пізнього закривання, а при збільшенні зазорів - навпаки.

Крім цього, порушення регулювання зазорів спричиняє підвищення шуму і вібрації в дизелі тепловоза, передчасного зносу його деталей та виходу з ладу, відсутність теплових зазорів не забезпечує щільного закриття клапанів і може спричинити задири на поверхні кулачка і вигину штанги штовхача.

3. Фази газорозподілу перевіряються і регулюються (моментів закриття і відкриття випускних і впускних клапанів щодо ВМТ і НМТ) проводиться при кожному ТО-2 окремо на кожному циліндрі ДВЗ. Порушення розподілу фаз ГРМ може спричинити догорання на такті випуску, що значно підвищить температуру випускних газів і призведе до підгорання сідел і тарілок випускних клапанів.

Значення кутів фаз газорозподілу визначені нормативно-технічною документацією, які необхідно чітко дотримуватися. Відхилення реальних кутів від нормативних допускаються не більше ± 3 °ПКВ.

4. Дуже важливо контролювати якість розпилювання палива, тиск, герметичність, стан соплових отворів розпилювача форсунки.

Від тиску впорскування залежить якість розпилювання палива. Відкриття голки форсунки при меншому тиску, ніж це встановлено нормативною докум.,

призводить до поганого розпилювання палива, зниження якості сумішоутворення, підвищеної димності і витраті. Відхилення величини тиску відкриття голки форсунки від норми заводу- виробника допускається не більше, ніж $\pm 5-10 \text{ кг/см}^2$.

Значно погіршується робота двигуна в разі протікання форсунки. При підтіканні частина палива, потрапляючи в циліндр, що не розпилюється, сприяє відкладенню нагару на соплах і перевитрат палива.

Перевірки на герметичність форсунки також проводиться на пресі для випробування форсунок. Для цього спочатку насос і форсунку прокачати паливом для видалення повітря. Потім повільно підвищують тиск в порожнині форсунки до робочого, відповідного моменту відкриття голки. За манометром і секундоміром фіксують зниження тиску до передбаченої межі в інструкції, і визначають час падіння тиску. При допустимій герметичності зниження тиску від 180 до 100 кг/см^2 відбувається за 4-6 хвилин.

Щільність прилягання голки до гнізда розпилювача перевіряється плавно прокачуванням насосу при робочому тиску 5-6 разів. Сопло розпилювача форсунки має залишатися сухим (перед прокачуванням воно протирається насухо).

Знос запірних поверхонь збільшує ширину ущільнювального паска на запірному конусі голки і підйом голки. Збільшення ширини ущільнювального паска порушує герметичність і сприяє підтікання форсунки. Гранична ширина ущільнювального паска повинна становити 0,8 - 1 мм.

Перевірку кута випередження палива можна здійснювати на зупиненому двигуні за допомогою "моментоскопу" повільним прокручуванням колінчастого вала і наглядом за рівнем палива в штуцері ПНВТ. Так визначається геометричний кут випередження подачі палива, тобто паспортне значення кута випередження.

При діагностуванні за допомогою D4.0H, по передньому фронту першого віброімпульса форсунки визначається фаза підйому голки або фактичний кут випередження впорскування палива, див. рис. 4.13b2. Різниця в градусах ПКВ між геометричним і дійсним кутами уприскування палива характеризує гідро -

щільність плунжерній пари. Порівняння геометричних і дійсних кутів випередження впорскування палива між циліндрами дозволяє зробити порівняльний аналіз гідро - щільності плунжерних пар паливних насосів високого тиску без їх демонтажу. При зниженні гідро - щільності плунжерних пар різниця між геометричним і дійсним кутами впорскування збільшується.

Випробування дизелів K6S310DR показали, що перевитрата палива, щодо паспортного значення в середньому до 7% і вище, виникає навіть при некритичному зниженні якості роботи ПА і МГР, і подальшого розбалансування потужностей циліндрів. Багато тепловозів тривалий час експлуатуються в такому стані. Очевидна необхідність підтримки нормального технічного стану основних вузлів і систем дизеля, що впливають на якість робочого процесу.

Якість і ефективність ремонтних робіт залежить від точності діагностичної інформації про характер і локалізації дефекту. Проведення звичайної процедури діагностики з аналізом одних лише індикаторних діаграм $p(\varphi)$ не дає докладного опису дефектів, особливо це стосується паливної апаратури високого тиску. Застосована в системі D4.0H методика застосування віброакустичного аналізу і паралельної діагностики, є найбільш прийнятною на практиці. Отримання точної діагностичної інформації про технічний стан ЦПГ, ПА і МГР дизелів тепловозів дозволило підвищити ефективність ремонтних робіт і перевірити якість їх виконання. Проведені заходи підвищили ефективність і надійність роботи дизеля, а також зменшили витрати палива.

2.3 Визначення параметрів робочого процесу і діагностика головних середньообертових дизелів т/х "Greifswald"

У зв'язку з використанням в системі D4.0H методом алгоритмічної синхронізації даних і віброакустичним визначенням параметрів подачі палива і газорозподілу, вона є зручним засобом для діагностики середньообертових дизелів, на яких відсутні механічні приводи для зняття індикаторних діаграм. Отримані діагностичні дані дають можливість здійснювати контроль стану ЦПГ і

усувати дефекти ПА і МГР. Визначення за допомогою D4.0H і подальше рівномірний розподіл потужності між циліндрами дозволяє вирівняти теплові і механічні навантаження. Весь комплекс проведених заходів сприяє зниженню загального рівня вібрації і теплонапруженості деталей ЦПГ, зменшення питомої витрати палива, підвищення моторесурсу і зниження ризику виникнення аварійних ситуацій в процесі експлуатації судна.

2.3.1 Визначення основних параметрів робочого процесу

Система D4.0H визначає наступні основні параметри робочого процесу:

- p_i, N_i - середній індикаторний тиск і індикаторна потужність циліндра;
- p'_c - тиск і кут повороту колінчастого вала (ПКВ) на початку запалення палива в робочому циліндрі;
- $p_c (p_{comp})$ - тиск в кінці стиснення;
- $p_Z (p_{max})$ - максимальний тиск згоряння палива і відповідний кут ПКВ;
- p_{EXP} - тиск на лінії розширення (36° ПКВ за верхньою мертвою точкою, ВМТ);
- фази газорозподілу (по кутах закриття впускних і випускних клапанів газорозподільного механізму, МГР);
- геометричні (по ПНВТ) і дійсні (по ходу голки форсунки) фази подачі палива;
- τ_D - кут і час затримки самозаймання палива (розрахунковим шляхом).

Визначення фаз подачі палива і газорозподілу, а також діагностика паливної апаратури високого тиску і механізму газорозподілу МГР, проводиться за допомогою аналізу віброакустичних сигналів відповідних вузлів. Для цієї мети в складі системи є високочастотний вібродатчик VS-30m на магнітній платформі, що забезпечує надійний контакт датчика зі сталевим майданчиком, діагностується вузел на працюючому дизелі. Використання віброакустичного методу повністю відповідає сучасній ідеології "неруйнівного діагностичного контролю". VS-30m використовується для отримання інформації про початок подачі / відсічення

палива (геометричні фази подачі палива) і підйомі / посадці голки форсунки (дійсні фази подачі палива). Традиційна діагностика паливної апаратури високого тиску (ПА) пов'язана з отриманням діаграм тиску палива (рис. 2.14). Безумовно, їх аналіз дає найточнішу інформацію про технічний стан паливного насоса високого тиску (ПНВТ) і форсунки. Величина максимального тиску упорскування палива ($Pf.max$, рис. 2.14) в сучасних ТА досить велика: від майже 300 МПа на сучасних високообертових і середньообертових дизелях (ВОД і СОД) до майже 200 МПа на малообертових (МОД) дизелях. При цьому фаза уприскування складає 10-20 ° ПКВ, що при високих частотах обертання колінчастого вала характеризує різкий динамічний процес з великими амплітудами і швидкостями наростання тиску. Кілька фірм в світі випускають специфічні датчики тиску, що працюють в таких жорстких умовах (kistler.com, imes.de, oprtrand.com).

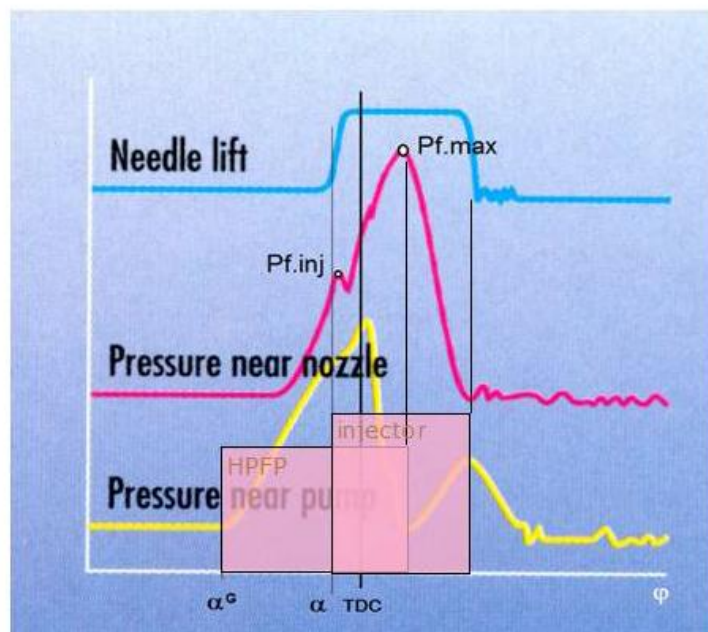


Рис. 2.14 – Діаграми тиску в паливній системі при уприскуванні (зверху-вниз: лінійне переміщення голки, тиск палива перед соплами розпилювача, тиск після ПНВТ)

Зрозуміло, що при такому високому тиску установка позаштатних датчиків в ПА і моніторинг процесу упорскування палива можуть проводитися тільки в лабораторних умовах. На практиці, на транспортному судні заборонені будь-які включення нештатного обладнання в паливну систему високого тиску, тому що

при розгерметизації велика ймовірність вибуху і пожежі. В цьому випадку мало не єдиною альтернативою є аналіз віброакустичних сигналів вузлів ПА. В системі D4.0H так аналізуються фази подачі палива і здійснюється діагностика ПНВТ і форсунки. Для визначення геометричних фаз подачі палива датчик VS-30m встановлюється на заглушку навпроти відсічного вікна плунжерній пари ПНВТ. У цьому місці датчик реєструє вібросигнали, що виникають на початку подачі палива ПНВТ і відсічення.

Для визначення дійсних фаз подачі палива діагностування загального стану ПА високого тиску вібродатчик VS-30m встановлюється на торець форсунки, перпендикулярно ходу голки. В цьому випадку датчик реєструє вібросигнали, що виникають при підйомі і посадці голки форсунки.

При установці вібродатчика на форсунку, він додатково реєструє удари від посадки (закриття) клапанів газорозподілу. Якщо амплітуда сигналів закриття клапанів недостатньо велика, при установці датчика на торець форсунки, - вибирається місце на кришці циліндра, в безпосередній близькості від клапанів.

2.3.2 Визначення затримки самозаймання палива

Затримкою самозаймання палива вважається час між початком впрыскування палива в циліндр і початком його займання. На рис. 2.15 це відповідає фазам α і $\varphi P_c'$.

$$\varphi\tau_D = |\alpha - \varphi P_c'|, [\text{° ПКВ}]$$

Зв'язок між кутом ПКВ і часом затримки самозаймання:

$$\tau_D = \frac{\varphi\tau_D}{6 \times RPM}, [\text{мс}]$$

Затримка самозаймання відбувається внаслідок наступних один за одним і пересічних фізичних і хімічних процесів:

- розпорошення і випаровування палива, змішування його з повітрям в камері стиснення;

2.3.3 Результати діагностування ГД т/х "Greifswald"

"Автомобільно - залізничний / пасажирський пором «Greifswald» (Рис. 1.16) - сучасне вантажно-пасажирське судно, знаходиться під класифікаційним наглядом Німецького Ллойда. Володіє сертифікатом книги рекордів Гіннеса, як найбільше судно в світі в класі автомобільно-залізничних пасажирських поромів. Сучасне мореплавство судна і його значні розміри (довжина понад 190м, ширина - 28м.) дозволяють мінімізувати хитавицю в штормових умовах. Дві вантажні палуби можуть одночасно приймати на борт 50 універсальних залізничних вагонів і 50 великовантажних автомобілів TIR".



а



б

Рис. 1.16 – Пором Greifswald а) стоянка біля причалу у порті Стамбул
б) вид з верхньої платформи головних середньообертових дизелів
6VDS48 / 42AL-2U в) індикювання головних дизелів системою D4.0H

На судні встановлені чотири головних середньообертових дизеля 6VDS48 / 42AL-2U, виробництва "SKL MOTOREN UND SYSTEMTECHNIK GmbH". Буквальне розшифрування марки двигунів, згідно з документацією, виглядає так:

- 6 - шестициліндрові;
- V - чотиритактні;
- D - дизельного типу;
- S - розраховані для роботи на важкому паливі;
- 48 - хід поршня в см;
- 42 - діаметр циліндра в см;
- A - з нагнітачем;
- L - з охолодженням повітря;
- 2 - модифікація за діапазоном експлуатаційних потужностей;
- U - реверсивні.

В процесі експлуатації дизелів відбувається звичний процес розрегулювання вузлів ПА і МГР, а також зношення основних вузлів ЦПГ. Це не критичні в міжремонтний період зміни, проте знижують якість робочого процесу в циліндрах і, відповідно, підвищують питому витрату палива і загальний рівень вібрації двигунів. Крім того, при цьому збільшується нерівномірність розподілу теплових і механічних навантажень між циліндрами, що підвищує ризик виникнення аварійних ситуацій.

Серйозні проблеми виникають і при експлуатації суднових електроенергетичних установок. Основною причиною цього є динамічна нестабільність частоти обертання двигунів. Значною мірою вона обумовлена нестабільністю робочих процесів і обертових моментів окремих циліндрів двигунів. У поєднанні з автоколиваннями в системі регулювання частоти обертання це призводить до суттєвих змінних коливань активної потужності при паралельній роботі генераторних агрегатів.

Періодичне індиціювання дозволяє виявляти і усувати причини дисбалансу потужностей циліндрів, і усувати перераховані вище проблеми.

На рис. 2.17 наведено зведені індикаторні діаграми ГД т / х "Greifswald", зняті на основному експлуатаційному режимі. Загальні висновки за результатами діагностування ГД наступні:

- ГД1, цил.2 - знижена потужність і низький рівень всіх параметрів робочого циклу. Необхідно перевірити компресію і стан ПА і МГР;
- детонаційне згоряння, як наслідок неякісного розпилю палива на ГД2 цил.3,5,6; ГД3 цил.3, ГД4 цил.4. Необхідна перевірка ПА цих циліндрів;
- ГД2 цил.2 і ГД3 цил.2 - "жорстка робота", внаслідок раннього впорскування палива;
- ГД1 цил.3 відносно перевантажений і можливий дробовий впорскування палива;
- найбільший розбаланс потужностей по циліндрах - ГД1 і ГД2. Після ревізії ГД1 цил.2 і усунення на ГД2 дефектів ПА необхідне регулювання циклових подач;

- задовільне балансування потужностей циліндрів на ГДЗ і ГД4.

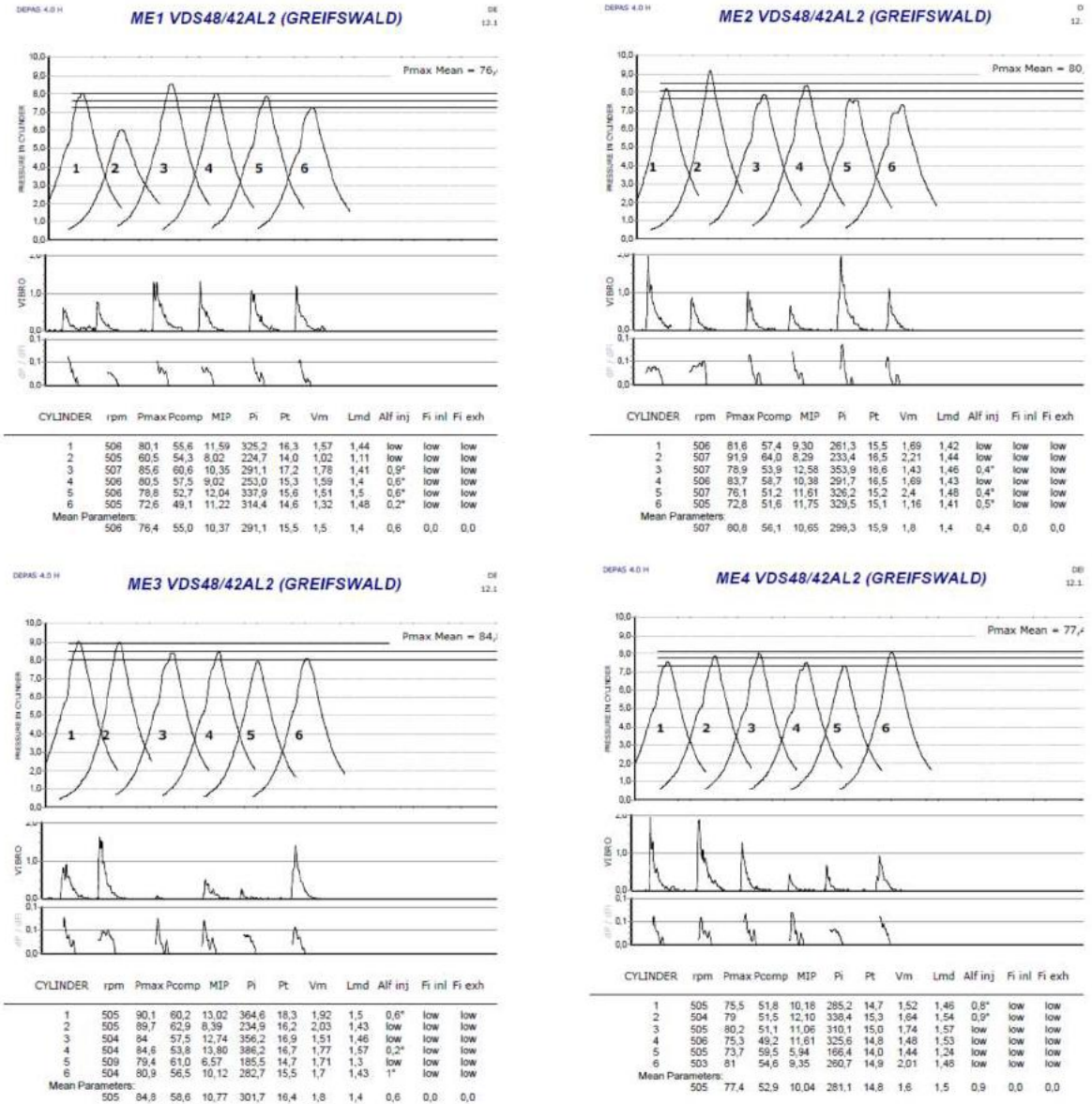


Рис. 2.17 – Зведені індикаторні діаграми ГД 6VDS48/42AL-2U т/х "Greifswald"

На рис. 2.17 наведені порівняльні індикаторні діаграми двох циліндрів з нормальним (а) і пізнім (б) кутами випередження впорскування палива. На рис. 2.18.b пізній кут випередження викликаний дефектами паливної апаратури. Низький тиск уприскування і дефекти форсунки призводять до неякісного

сумішоутворенню в камері згоряння. В наслідок ми бачимо нестабільний хвилеподібний такт згоряння в зоні заниженого показника Pz.

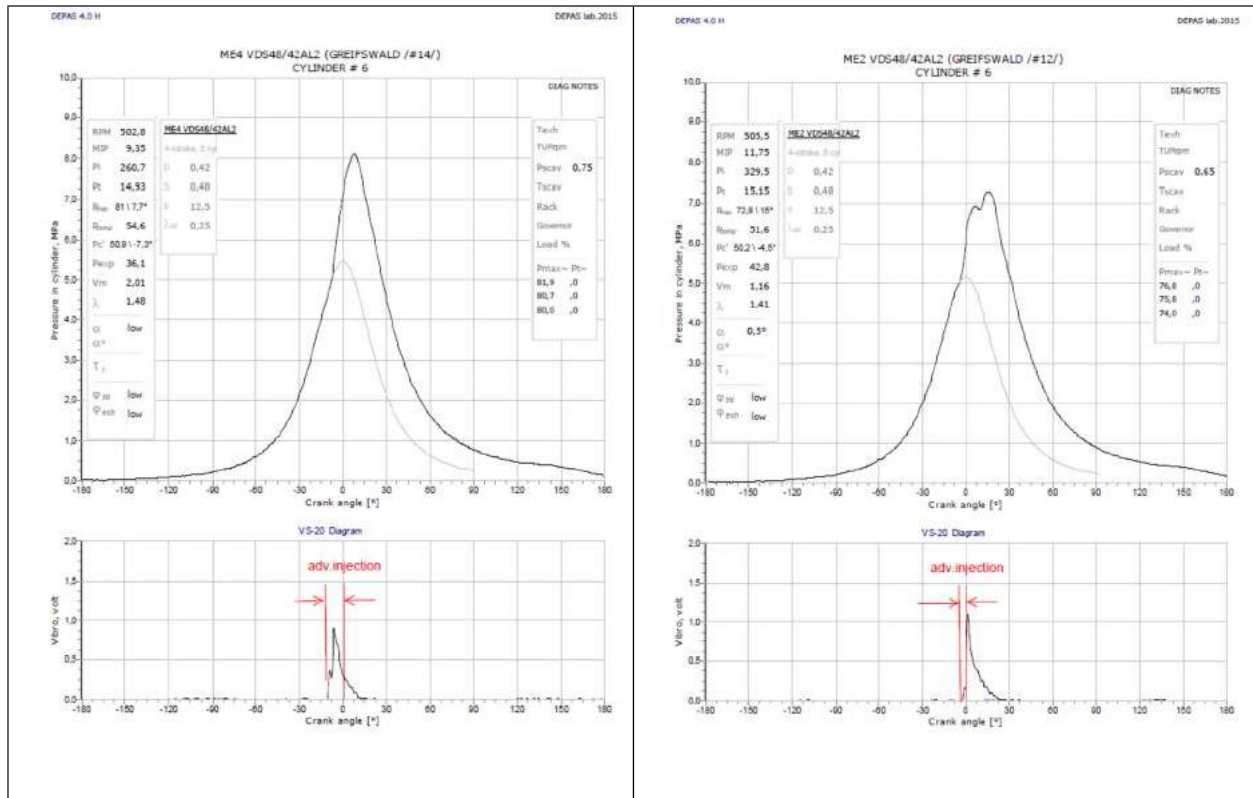


Рис. 2.18 Об'єднані діаграми циліндрів (1 і 3) з номінальним (а) і пізнім (б) кутами випередження подачі палива

Після побудови зведених індикаторних діаграм і уточнення показників робочого циклу на оптимальному експлуатаційному режимі роботи, виконувалось усунення дефектів ПАВТ і ГРМ. Потім проведено урівноіваження циліндрової потужності шляхом регулювання циклових подач палива до циліндрів. Після урівноваження потужностей виконано контрольне діагностування.

Урівноваження потужностей призвело до оптимального розподілу механічних і теплових навантажень по циліндрам дизеля, підвищенню резерву потужності, зниженню рівня вібрації ДВЗ, підвищенню паливної економічності на 11%, підвищенню терміну експлуатації двигуна на 15%.

РОЗДІЛ 3

ДИДАКТИЧНИЙ ПРОЄКТ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ З ТЕМИ «РОБОЧИЙ ПРОЦЕС ТРАНСПОРТНОГО ДИЗЕЛЯ K6S310DR» ДЛЯ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Для забезпечення оптимальної та ефективної роботи такого обладнання потрібні висококваліфіковані фахівці. Таких спеціалістів готує Українська інженерно-педагогічна академія за спеціальністю «Професійна освіта. Транспорт».

Стратегічні цілі: стати кваліфікованим спеціалістом у галузі транспортних технологій, одержати знання, уміння та навички для того щоб надалі бути затребуваним на ринку труда та праці.

Дисципліна з якої буде розроблятися факультативне заняття: «Експлуатація та ремонт транспортних машин» з теми: «Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR».

Ціль вивчення дисципліни: сформувати знання про процеси експлуатації та ремонту автомобільного транспорту, раціональних формах їхньої організації; одержати практичні вміння з вибору оптимальних способів експлуатації й ремонту автомобільного транспорту в конкретних умовах.

3.1 Постановка цілей факультативного заняття (оперативних цілей)

Оперативні цілі - це проекти чи програми, які забезпечуватимуть досягнення стратегічних цілей. Вони визначають стратегічні цілі кількісно та мають терміни виконання

Оперативна мета навчання повинна бути сформована у формі знань і умінь, які необхідно сформувати в майбутньому фахівця в ході вивчення теми.

Згідно теорії В.П. Беспалько, існує чотири рівні засвоєння навчального матеріалу:

На 1-му рівні студент не тільки сприймає інформацію, у нього формується загальне уявлення про об'єкт діяльності, з'являється пізнавальний інтерес. Для цього рівня характерне вирішення простих задач на знаходження⁵²

якогось об'єкту у ряді інших, пізнавання на слух з зображень заданих елементів і інше.

2-ий рівень характеризує алгоритмічну діяльність по пам'яті або здатність відтворювати або використовувати інформацію для вирішення завдань по заданому алгоритму.

3-ій рівень характеризує етап продуктивної діяльності. Вирішення завдань.

4-й рівень характеризує етап формування творчого мислення. На цьому рівні студент вирішує нестандартні завдання.

В таблиці 4.1 приведено оперативні цілі: загальна та рівнями засвоєння, умови досягнення цілей та результати у вигляді дій студентів.

Формуємо цілі до кінцевого 4 рівня засвоєння, тому, що заняття у закладі вищої освіти передбачають розвиток у студентів творчого підходу до вирішення навчальних задач.

Таблиця 3.1

Постановка цілей факультативного заняття (оперативних цілей)

Ціль факультативного заняття	Цілі формування різних рівнів засвоєння навчального матеріалу	Умови досягнення	Результат у вигляді дій студентів
1	2	3	4
Сформувати вміння визначати, називати, характеризувати та аналізувати робочий процес транспортного	I-III рівень. Сформувати вміння називати та давати визначення транспортним дизелям, сутності проведення процесу	Базові знання з дисципліни «Експлуатація та ремонт транспортних машин» стосовно теми	Визначено сутність поняття «Транспортний дизель», «Робочий процес транспортного дизеля», сформовані

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
дизеля K6S310DR, надавати пропозиції щодо нових підходів до робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR	Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR, аналізувати динаміку змін в роботі транспортного дизеля в результаті моделювання робочого процесу, оптимізацію режимів робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR		вміння називати та давати визначення сутності проведення робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR, аналізувати динаміку змін в роботі транспортного дизеля в результаті моделювання робочого процесу, оптимізацію режимів робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR
	III-IV рівень. Сформувати вміння виконувати моделювання режимів робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR	Виконання дій першого та другого рівнів	Сформовані вміння виконувати моделювання режимів робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR.

1	2	3	4
	Сформуувати вміння розробляти та висувати пропозиції щодо нових підходів до оптимізації режимів робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR		Надані пропозиції щодо нових підходів до оптимізації режимів робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

3.2. Перелік літературних джерел з теми

Визначимо перелік літературних джерел з теми:

Фришев С.Г., Мельник І.І., Бондар С.М. Загальний курс транспорту: Навч. Посібник. – К.: Вища освіта, 2006. –162 с.

Прейгер Д. К., Собкевич О. В., Ємельянова О. Ю. Стратегічні на прями розвитку транспортної галузі України у післякризовий період. – К.:НІСД, 2011. – 48 с

Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія /За ред. А.М.Редзюка. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с

3.3 Конструювання дидактичних матеріалів: аналіз структури навчального матеріалу факультативного заняття

З нашої теми запропонуємо наступний план:

План викладення теми: «Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR»

1. Аналіз робочого процесу дизеля K6S310DR

1.1 Аналіз робочого процесу дизеля K6S310DR

1.1.1 Вплив температур T_p , $T_{кр}$ і $T_{ст}$ на параметри робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

1.1.2 Вплив залишкових газів на параметри робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

1.1.3 Вплив ступеня підігріву повітря о стінки циліндра на параметри робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

1.1.4 Вплив формули, прийнятої для розрахунку періоду затримки samozаймання, на розрахункові параметри робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

1.1.5 Вплив формули для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від газів до стінки циліндра на розрахункові параметри робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

1.1.6 Вплив ступеня стиснення на параметри робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

1.1.7 Вплив кута випередження впорскування палива на розрахункові параметри робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

1.1.8 Вплив тривалості впорскування палива на параметри робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR

1.2 Синхронізація даних робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR на базі рішення рівняння $p'(\cdot)=0$

1.3 Синхронізація даних робочого процесу на базі дослідження моделі процесу стиснення-розширення в циліндрі

2. Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR

2.1 Розробка математичної моделі транспортного дизеля K6S310DR

2.2 Визначення основних діагностичних величин тисків і кутів

2.3 Аналіз вібродіаграм паливної апаратури

2.4 Визначення фаз подачі палива і затримки samozаймання палива

На рисунку 4.1 представимо структурно-логічну схему з теми.

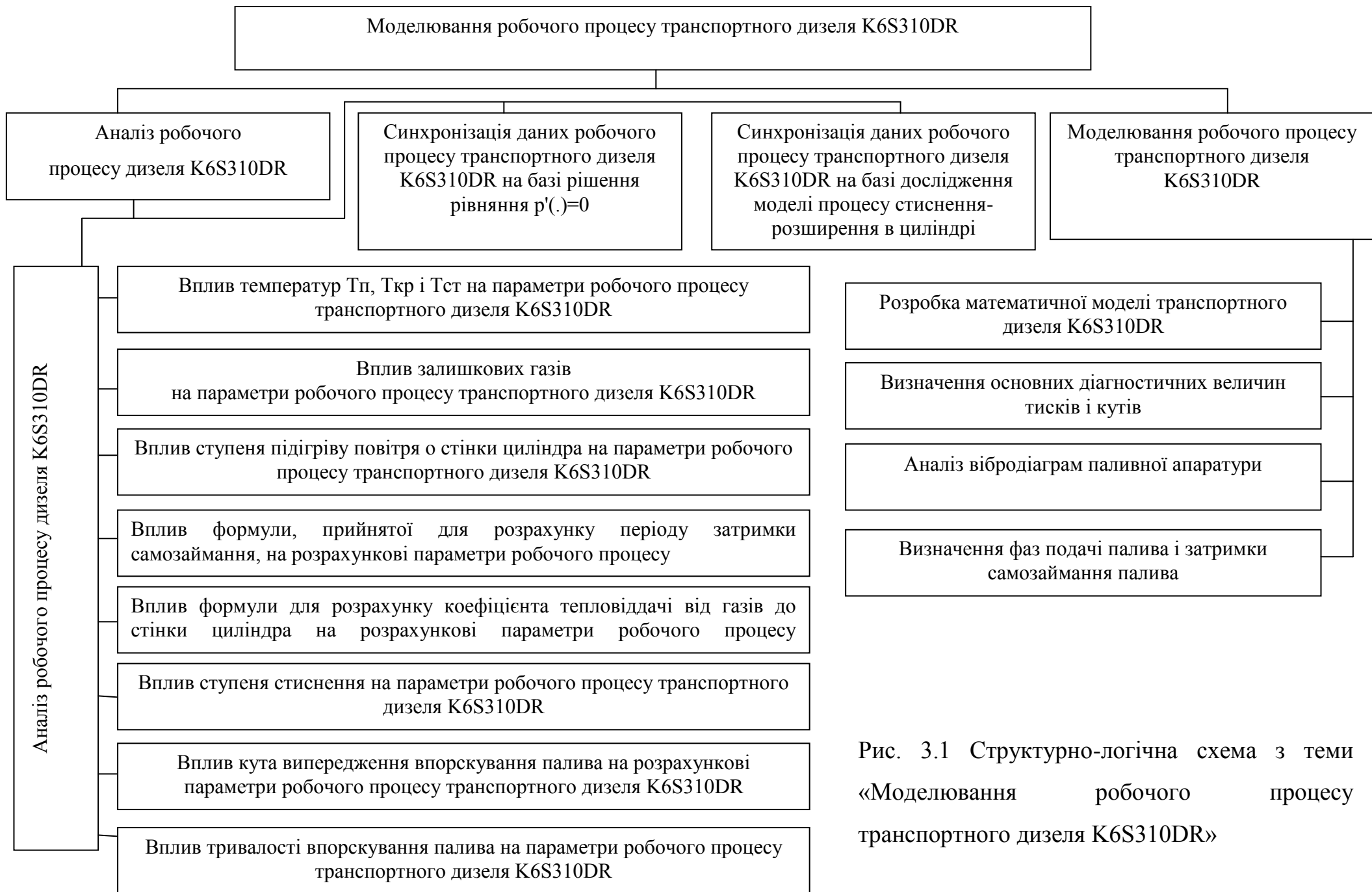


Рис. 3.1 Структурно-логічна схема з теми «Моделювання робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR»

3.4 Аналіз базових умов навчання

Базові знання - це початкова умова, яка необхідна для вивчення нового матеріалу. Вони відображують ті мінімальні вміння та здатності, якими повинні володіти ті що навчаються до того як вони почали програмне навчання.

В таблиці 4.2 приведено вибір базових понять, визначення способів перевірки та формування базових знань

Таблиця 3.2

Вибір базових понять, визначення способів перевірки та формування базових знань

Перелік базових понять	Назва дисципліни, в якій формуються базові знання і дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівнів розуміння базових понять	Способи формування базових знань
Дизелі Транспортні дизелі Сутність процесу моделювання Робочий процес транспортного дизеля Транспортний дизель K6S310DR	«Експлуатація та ремонт транспортних машин»	Усне фронтальне опитування, за допомогою контрольних питань: 1. Що таке дизель? 2. Які існують типи дизелів? Чим вони відрізняються один від одного? 3. Які дизелі називаються транспортними? 4. В чому полягає сутність	Якщо базові знання знаходяться на незадовільному рівні, то необхідно нагадати головні аспекти шляхом нагадування та повторення матеріалу з теми

1	2	3	4
		моделювання? 5. Опишіть сутність транспортного дизеля K6S310DR	

3.5 Проектування мотиваційних технологій навчання (характеристика і текст мотивації, використання якої доцільно при викладі навчального матеріалу)

Мотивація займає провідне місце в структурі поведінки особистості і є одним з основних понять, які використовуються для пояснення рушійних сил, діяльності в цілому. Мотив, мотивація - спонукання до активності та діяльності суб'єкта, пов'язане з прагненням задовольнити певні потреби.

Виділяють внутрішню і зовнішню мотивацію. Якщо діяльність для особистості значуща сама по собі, то говорять про внутрішню мотивації, якщо ж значимі зовнішні атрибути професії (визнання суспільства, престижність тощо) - переважає зовнішня мотивація. На нашому занятті ми будемо використовувати і зовнішню і внутрішню мотивацію. В таблиці 4.3 наведено способи реалізації мотивації.

Таблиця 3.3

Визначення способів реалізації мотивації

Способи реалізації мотивації	Зовнішня мотивація	Внутрішня мотивація
1	2	3
Вступна мотивація	По закінченні вивчення всієї теми буде проведена контрольна робота,	Завдання отримання в реальному часі діаграми тиску газів в циліндрі протягом робочого циклу вирішують сучасні

	<p>результати якої вплинуть на загальну оцінку вивчення дисципліни. Отже, для отримання позитивної оцінки необхідно уважно слухати та конспектувати.</p>	<p>комп'ютерні системи діагностування транспортних дизелів. Для вирішення цього завдання в складі діагностичних систем використовуються датчики тиску з високим ступенем температурної стабілізації параметрів; модулі аналого-цифрового перетворення та спеціальне програмне забезпечення. Більшість датчиків розраховане на вимір максимального тиску до 20 МПа, при цьому лінійність вихідної характеристики забезпечується при нагріванні чутливого елемента до температури 400-450°C. Для того, щоб забезпечити якісну передачу картини зміни тиску газів і максимально точно відобразити високочастотні процеси, що виникають під час згоряння палива, використовуються модулі аналого-цифрового перетворення з частотою дискретизації не менше 100 КГц і розрядністю 12- 16 біт. Комп'ютерні системи діагностики транспортних дизелів, або системи контролю параметрів робочого процесу допомагають вирішувати багато проблем, які виникають в процесі експлуатації двигунів. Візуальний контроль і розрахунок термодинамічних процесів в циліндрі дизеля дозволяють здійснювати</p>
--	--	---

1	2	3
		<p>точне регулювання паливної апаратури, контролювати режими навантаження і, як наслідок, економити паливо, планувати ремонти і збільшувати термін нормальної експлуатації двигуна. За допомогою систем діагностування проводиться детальний аналіз основних параметрів робочого процесу: середнього індикаторного тиску, максимального тиску стиснення і згорання в кожному циліндрі і багатьох інших параметрів. Це означає можливість контролю потужності в кожному циліндрі, динамічних характеристик робочого процесу, що дозволяє прогнозувати технічний стан на тривалий період. Системи визначають найважливіші параметри роботи паливної апаратури - тиск палива в паливній системі високого тиску, кути випередження і тривалість впорскування палива в циліндри. Таким чином, можна здійснювати регулювання кутів випередження впорскування палива - одну з найбільш важливих завдань, що виникає в процесі експлуатації при зміні технічного стану двигуна або при переході на інший вид палива.</p>

3.6 Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті

Проектування технологій формування орієнтовної основи діяльності (ООД) включає вибір типу навчання, його структурних елементів, а також методів і прийомів їх реалізації.

Метою ООД є створення "орієнтирів" майбутньої діяльності, які надалі забезпечує правильність її виконання. ООД в педагогіці психології визначається як група дій спрямованих на усебічну інформацію про майбутню навчальну діяльність. ООД створює програму дій орієнтованих на досягнення результату.

Вибір методів, форм та засобів формування ООД наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.4

Способи формування ООД на факультативному занятті

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття	Форми	Методи	Засоби
I	Фронтальна	Пояснення з елементами розповіді, ілюстрація	Презентаційні слайди з теми, макети
II	Фронтальна	Лекція-пояснювання, ілюстрація	
III	Фронтальна	Пояснення, ілюстрація, демонстрація	
IV	Фронтальна	Пояснення, ілюстрація, вправа	

3.7 Проєктування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті

Після того, як у студентів сформовані необхідні уявлення про об'єкти, що вивчаються, процеси або явища навколишній дійсності, настає етап формування умінь, навиків або, по-іншому, виконавчих дій.

Головна закономірність процесу засвоєння дійсності в тому, що пізнавальна діяльність і введення в неї знання набувають розумової форми, стають узагальненими не відразу, а пройшовши через ряд етапів. Якщо викладач буде процес навчання з урахуванням їх послідовності, він істотно підвищує можливість досягнення мети всіма студентами.

Вибір методів, форм та засобів формування виконавчих дій наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Способи формування виконавчих дій з теми

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми	Форми	Методи	Засоби
1	2	3	4
I, II, III	Фронтальна	Закріплююча бесіда	1. Як впливає тривалості впорскування палива на параметри робочого процесу дизеля K6S310DR? 2. В чому полягає вплив кута випередження впорскування палива на розрахункові параметри робочого процесу дизеля

1	2	3	4
			K6S310DR? 3. Як впливає ступень стиснення на параметри робочого процесу дизеля K6S310DR? 4. Як і для чого проводиться синхронізація даних робочого процесу на базі рішення рівняння $p'(\cdot)=0$?

3.8 Проектування контрольних дій з теми

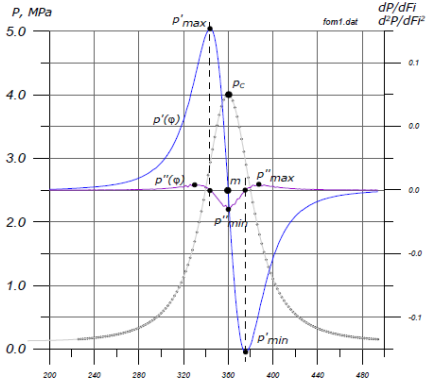
Проектування системи контролю є одним з важливих видів діяльності викладача. Контроль дає можливість визначити, наскільки чітко досягнута мета навчання, які недоліки процесу навчання і що слід зробити, щоб застосувати нові технології навчання

Вибір методів, форм та засобів формування контрольних дій наведено в таблиці 3.6

Таблиця 3.6

Засоби контролю з теми факультативного заняття

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми	Форми	Методи	Засоби

1	2	3	4
I-IV	Фронтальна	Письмова контрольна робота	<p>1 Завдання Розробіть математичну модель транспортного дизеля K6S310DR</p> <p>2 Завдання: Опишіть графік залежності стиснення-розширення транспортного дизеля K6S310DR</p>  <p>3 Завдання: Надайте рекомендації щодо удосконалення процесу можелювання робочого процесу транспортного дизеля K6S310DR</p>

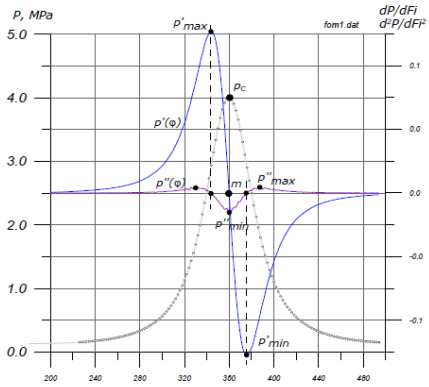
3.9 Розробка сценарію факультативного заняття

Сценарій навчання з теми заняття на тему: «Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR» наведено в таблиці 3.7.

Сценарій навчання з теми заняття

№ п/п	Структурні елементи заняття	Зміст структурних елементів
1	2	3
1	Організаційний момент	Вітання, фіксація відсутніх, перевірка зовнішньої обстановки в аудиторії Вітання викладача. Студенти підтверджують присутності у момент переклички, налагоджуються на здійснення навчальної діяльності
2	Повідомлення теми і мети заняття	Повідомлення теми заняття: «Робочий процес транспортного дизеля К6S310DR». Мета: сформувати вміння визначати, називати, характеризувати та аналізувати процес Робочий процес транспортного дизеля К6S310DR, надавати пропозиції щодо нових підходів до Робочий процес транспортного дизеля К6S310DR
3	Мотивація мети	Повідомлення важливості вивчення даної теми. Студенти сприймають інформацію, усвідомлюють необхідність наданих знань та вмінь.
4	Актуалізація базових знань	Проведення усного фронтального опитування, за допомогою контрольних питань: 1. Що таке дизель? 2. Які існують типи дизелів? Чим вони відрізняються

1	2	<p>один від одного?</p> <p>3. Які дизелі називаються транспортними?</p> <p>4. В чому полягає сутність моделювання?</p> <p>5. Опишіть сутність транспортного дизеля K6S310DR</p> <p>Якщо студенти затрудняються відповісти на питання, коротко нагадує основні моменти по базовому матеріалу. Студенти слухають питання, відповідають на них. Доповнюють відповіді один одного. 3</p>
5	Формування ООД	<p>Викладач викладає новий матеріал за планом:</p> <p>1. Аналіз робочого процесу дизеля K6S310DR</p> <p>2. Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR</p> <p>В ході викладу використано наступні методи: лекція з елементами бесіди, пояснення, ілюстрація, робота з книгою (довідниками та методичними вказівками з теми).</p> <p>Студенти сприймають нову інформації, конспектують, задають питання при незрозумілих моментах.</p>
6	Формування ВД	<p>Обговорення та аналіз особливостей процесу моделювання транспортного дизеля K6S310DR шляхом проведення письмової контрольної роботи та загальної перевірки її зі студентами та виконання роботи над помилками.</p>
7	Формування КД	<p>Викладач видає завдання:</p> <p>1 Завдання</p> <p>Розробіть математичну модель транспортного дизеля K6S310DR</p>

1	2	3
		<p>2 Завдання:</p> <p>Опишіть графік залежності стиснення-розширення транспортного дизеля K6S310DR</p>  <p>3 Завдання: Надайте рекомендації щодо удосконалення процесу Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR. Студенти виконують завдання.</p>
8	Підбиття підсумків	Узагальнення засвоєного шляхом нагадування в узагальненому вигляді основних питань, розглянутих на занятті. Відновлення в пам'яті основних моментів матеріалу заняття

Висновки до розділу 3

В цьому розділі було розроблено дидактичний проект факультативного заняття з теми «Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR» для фахівців транспортної галузі. Були сформульовані цілі факультативного заняття, обрані літературні джерела з теми, проведено конструювання дидактичних матеріалів, аналіз структури навчального матеріалу факультативного заняття, розроблений план та структурно-логічна схема з теми «Робочий процес транспортного дизеля K6S310DR», проаналізовані базові поняття, визначені способи перевірки та формування базових знань, розробили характеристику і текст мотивації,

використання якої доцільно при викладі навчального матеріалу, були спроектовані технології формування орієнтовної основи діяльності, виконавчих та контрольних дій на факультативному занятті, розроблений сценарій заняття.

ВИСНОВКИ

У роботі визначено, описано, теоретично обґрунтовано та проаналізувано процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі, розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «Робочий процес транспортного дизеля k6s310dr» для фахівців транспортної галузі». Отримані в роботі наукові та практичні результати дозволяють зробити нижчеперелічені висновки.

1. Аналіз показав, що методи параметричної діагностики, які застосовуються, недостатньо ефективні на характерних для транспортних дизелів експлуатаційних режимах. Для моделювання робочого процесу може бути використаний більш досконалий і спрощений метод розрахунку тепловиділення; необхідна модифікація алгоритму синхронізації даних; методів віброакустичної діагностики ПА високого тиску і МГР і методу вібродіагностування ГТН. Зазначені дослідження дозволять підвищити якість і достовірність діагностичної інформації, а також ефективність експлуатації транспортних дизелів.

2. Отримано метод синхронізації даних моніторингу робочого процесу транспортних дизелів, за рахунок комбінування методів «Аньєзі» і $dP/d\phi = 0$, що дозволяє визначати ВМТ з точністю до $0,5^\circ$ ПКВ. В результаті підвищується точність розрахунку робочого процесу і подальшої діагностики ЦПГ, ПА і МГР.

3. Отримано достовірну математичну модель робочого процесу транспортних дизелів, за рахунок удосконалення закону тепловиділення в циліндрі, що дозволило зменшити похибку моделювання до 3%, в порівнянні з експериментальними даними N_e , g_e і основними параметрами робочого процесу.

4. Отриманий метод вібродіагностики ГТН транспортних дизелів, за рахунок використання спектрального аналізу віброакустичних сигналів повітряного компресора, дозволяє підвищити ефективність експлуатаційної та передремонтної діагностики.

5. Розроблено комплексний експлуатаційний метод контролю робочого процесу, за рахунок включення віброакустичного контролю подачі палива і

газорозподілу, а також застосування спектрального аналізу при визначенні характеристик ГТН, що дозволяє підвищити ефективність ремонтних робіт ТД.

6. Отримані в роботі наукові результати були формалізовані у вигляді алгоритмів, що дозволило модифікувати програмне і апаратне забезпечення системи параметричної діагностики «D4.0H». Це дозволило досягнути більш точних результатів параметричної діагностики ТД в експлуатації, підвищити достовірність діагностичних даних, що загалом сприяло підвищенню ефективності експлуатації і ремонтних робіт ТД на морському та залізничному транспорті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс] : підруч. / В. П. Головенкін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf
2. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: дидактичне проектування: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 204 с.
3. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: основні технології навчання: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 174 с.
4. Лебедик Л.В., Стрельніков В.Ю., Стрельніков М.В. Сучасні технології навчання і методики викладання дисциплін: Навчально-методичний посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників закладів середньої, професійної (професійно-технічної), фахової передвищої та вищої освіти / Л. В. Лебедик, В. Ю. Стрельніков, М. В. Стрельніков. – Полтава : АСМІ, 2020. – 303 с.
5. Методика професійної освіти : навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ : Компринт, 2024. – 224 с.
6. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2024. – 82 с.
7. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» першого (бакалаврського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

8. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» другого (магістерського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.
9. Семенова А.В. Професійна педагогіка: Підручник. / Авт. : О.В. Грабовський, Л.В. Коломієць, О.С. Савельєва, А.В. Семенова, В.Ф. Яні; за заг. ред. А.В. Семенової. – Одеса: Бондаренко М.О., 2020. – 575 с.
10. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>
11. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>
12. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>
13. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>
14. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>
15. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>
16. Івановський В. Г. Розробка методики моніторингу суднових дизелів із розподілом функцій / В. Г. Івановський, Р. А. Варбанец // Сучасні проблеми двигунобудування : міжнар. наук.-техн. конф. Первомайського політехнічного інституту НУК, 2-3 червня 2005 р. : тези доп. – Первомайськ, 2005. – С. 15-17.
17. DEPAS manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.depas.odessa.ua>
18. Варбанец Р. А. Система роздільного моніторинга СДВС / Р. А. Варбанец // Суднові енергетичні установки ОНМА. – 2005 – № 12. – С. 12- 19
19. Грехов Л. В. Математическое моделирование процесса подачи топливными системами произвольных схем и конструкций / Л. В. Грехов // Математическое моделирование и исследование процессов в ДВС : учебное пособие. – Барнаул : АлтГТУ, 1997. – С. 58-67.