Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту
Механіко-енергетичний факультет
Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу

РОБОЧА ПРОГРАМА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

Код та назва спеціальності: J7 Залізничний транспорт

Назва освітньо-наукової програми: **ЛОКОМОТИВИ ТА ЛОКОМОТИВНЕ ГОСПОДАРСТВО**

Рівень освіти: другий (магістерський)
Форма навчання: денна
Семестр: 2
Кількість кредитів ЄКТС: 6
Форма підсумкового контролю: залік

Розробник програми:
Михалків Сергій Васильович,
канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу

Харків – 2026

ОПИС ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Галузь знань: J Транспорт та послуги
Обов'язкова / **Вибіркова**
Курс: 1 / Семестр: 2

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧІВ

ПІБ викладача: Пузир Володимир Григорович
Контактна інформація: 050-401-61-91
email: puzyr@kart.edu.ua
Час консультацій: четвер 15:00 – 16:00
Форми зв'язку: Zoom:
https://us05web.zoom.us/j/7081205899?pwd=QNPT17mdMsmX9T66bPiNGHbHGez14u.1&omn=87284959301
Ідентифікатор конференції: 708 120 5899
Код доступу: 253757
Moodle:
https://do.kart.edu.ua

МЕТА І ЗАВДАННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Мета освітньої компоненти: сформувати у здобувачів освітньо-наукової програми магістерського рівня систему поглиблених теоретичних знань і практичних навичок щодо сучасних методів неруйнівного контролю, вібродіагностики, трибодіагностики, функціонально-параметричного аналізу робочих процесів та використання бортових мікропроцесорних систем для забезпечення переходу до обслуговування тягового рухомого складу за фактичним технічним станом.

Завдання освітньої компоненти: в результаті вивчення ОК здобувач другого освітньо-наукового рівня повинен:

– оволодіти фізичними основами та методологією проведення неруйнівного контролю (магнітопорошкового, ультразвукового, вихрострумового, капілярного) для виявлення прихованих і поверхневих втомних дефектів у відповідальних деталях екіпажної частини рухомого складу;

– досконально вивчити математичний апарат цифрової фільтрації та спектрального аналізу віброакустичних сигналів (швидке перетворення Фур'є, амплітудна демодуляція) для безрозбірного виявлення пошкоджень підшипників кочення та зубчастих передач;

– уміти застосовувати методи функціонально-параметричного діагностування енергетичних установок, будувати багатофакторні моделі

робочих процесів дизеля, аналізувати осцилограми тиску палива та ходу голки форсунки для оцінки стану паливної апаратури;

– бути здатним використовувати сучасні методи трибодіагностики та алгоритми машинного навчання для оцінки зносу деталей за результатами спектрального аналізу моторної оливи, а також аналізувати масиви даних бортових мікропроцесорних систем для раннього виявлення передовідмовних станів.

КОМПЕТЕНТНОСТІ І РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Інтегральна компетентність: здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у сфері вагонів та вагонного господарства, локомотивів та локомотивного господарства залізничного транспорту або у процесі подальшого навчання із застосуванням положень, теорій та методів природничих, технічних, інформаційних та соціально-економічних наук, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК 01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК 04. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК 05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК 07. Здатність приймати обґрунтовані рішення

ЗК 09. Здатність розробляти та управляти проєктами.

ЗК 10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності:

ФК 01. Здатність працювати в групі над великими проектами в галузі залізничного транспорту.

ФК 02. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних проблем в рамках спеціалізації.

ФК 03. Здатність враховувати потреби користувачів і клієнтів і важливість таких питань як естетика у процесі проектування у сфері залізничного транспорту

ФК 04. Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень на залізничному транспорті

ФК 05. Здатність вирішувати наукові та виробничі проблеми у сфері залізничного транспорту, демонструючи розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту.

ФК 06. Здатність вирішувати поставлені задачі, демонструючи розуміння необхідності дотримання професійних і етичних стандартів високого рівня, а також правових рамок, що мають відношення до функціонування об’єктів залізничного транспорту України, зокрема питання персоналу, здоров'я, безпеки і ризику (у тому числі екологічного ризику).

ФК 07. Здатність досліджувати, аналізувати та вдосконалювати технологічні процеси залізничного транспорту відповідно до спеціалізації.

ФК 09. Здатність грамотно здійснювати аналіз і синтез під час проектування, експлуатації, ремонту та технічного обслуговування об’єктів залізничного транспорту та їх складових.

ФК 10. Здатність вибирати та застосовувати на практиці методи дослідження, планування та проведення необхідних експериментів; інтерпретувати результати та робити висновки щодо оптимальності рішень, що приймаються у сфері виробництва, експлуатації та ремонту об’єктів залізничного транспорту.

ФК 11. Здатність використовувати закони й принципи інженерії за спеціалізацією, математичний апарат високого рівня для проектування, конструювання, виробництва, монтажу, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації об’єктів, явищ і процесів у сфері залізничного транспорту відповідно до спеціалізації.

Програмні результати навчання:

РН 01. Знати і розуміти сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів.

РН 02. Вирішувати задачі зі створення, експлуатації, утримання, ремонту та утилізації об'єктів залізничного транспорту, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, екологією та економікою.

РН 04. Розробляти та пропонувати нові технічні рішення та застосовувати нові технології.

РН 08. Знати та застосовувати необхідні методи та засоби досліджень, розробляти та аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі об'єктів дослідження, що стосуються створення, експлуатації та ремонту об'єктів залізничного транспорту.

РН 16. Здійснювати дослідницьку та/або інноваційну діяльність у створенні, експлуатації та ремонті об'єктів залізничного транспорту.

РН 17. Вміти використовувати в науково-технічній діяльності принципи та методи системного аналізу, аналізувати причинно-наслідкові зв'язки між значущими факторами та техніко-економічними характеристиками.

ПЕРЕДУМОВИ (ПРЕРЕКВІЗИТИ)

Перелік дисциплін чи курсів, необхідних для засвоєння:

1 Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство.

2 Надійність, технічна діагностика та неруйнівний контроль залізничного рухомого складу.

3 Енергетичне обладнання рухомого складу залізниць.

4 Тягові електричні машини рухомого складу.

5 Основи технології ремонту локомотивів

6 Організація ремонту рухомого складу та управління якістю.

ПІСЛЯУМОВИ (ПОСТРЕКВІЗИТИ)

Дисципліни, для яких знання з цієї дисципліни є базовими:

1 Науково-дослідна робота за темою магістерської роботи.

2 Науково-дослідна практика.

3 Виконання кваліфікаційної роботи.

ВІДПОВІДНІСТЬ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ ГЛОБАЛЬНИМ ЦІЛЯМ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ДО 2030 РОКУ

Освітня компонента сприяє досягненню таких Цілей сталого розвитку, визначених резолюцією ООН №70/1 та Указом Президента України №722/2019, як:

4) забезпечення всеохоплюючої і справедливої якісної освіти та заохочення можливості навчання впродовж усього життя для всіх;

8) сприяння поступальному, всеохоплюючому та сталому економічному зростанню, повній і продуктивній зайнятості та гідній праці для всіх;

9) створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохоплюючій і сталій індустріалізації та інноваціям;

12) забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва.

Опис реалізації:

Освітня компонента «Системи діагностування рухомого складу» сприяє реалізації Цілей сталого розвитку (ЦСР), формуючи у здобувачів високу інженерно-технічну культуру, навички застосування передових інформаційних технологій та системне мислення, орієнтоване на розробку, впровадження та контроль високоефективних систем об'єктивного моніторингу для переходу до обслуговування локомотивів за фактичним технічним станом.

Ключові елементи цієї компоненти інтегруються з ЦСР:

1) зміст освітньої компоненти включає теми з методів неруйнівного контролю, вібродіагностики, триботіагностики, функціонально-параметричного діагностування та використання бортових мікропроцесорних систем, що дозволяє здобувачам забезпечувати високий рівень надійності, екологічної безпеки та подовження життєвого циклу тягового рухомого складу;

2) цілі сталого розвитку корелюють з методами навчання:

– *проєктне навчання:* здобувачі вчаться самостійно розробляти алгоритми для цифрової фільтрації вібросигналів, будувати математичні моделі накопичення продуктів зношування в моторному мастилі та навчати штучні нейронні мережі для класифікації технічного стану деталей дизеля;

– *кейси з реального виробничого середовища:* практична робота із зареєстрованими масивами діагностичних даних бортових МСУ, спектральний аналіз реальних віброграм підшипникових вузлів та колісно-редукторних блоків, аналіз індикаторних діаграм і осцилограм тиску паливної апаратури;

– *міждисциплінарний підхід:* поєднання фахових інженерних знань з конструкції та експлуатації рухомого складу з вищою математикою (швидке перетворення Фур'є), наукою про дані (машинне навчання, математична статистика) та фізикою (акустика, магнетизм, термодинаміка);

3) завданнями освітньої компоненти передбачено:

– сформувати компетентності у сфері організації систем об'єктивного моніторингу, застосування методів дефектоскопії та діагностування для своєчасного виявлення прихованих дефектів і запобігання аваріям;

– навчити застосовувати сучасне апаратне та програмне забезпечення (дефектоскопи, оптико-емісійні спектрометри, віброаналізатори, середовища програмування Python, GNU Octave) для реєстрації та автоматизованої обробки діагностичної інформації;

– розвивати критичне мислення щодо аналізу причинно-наслідкових зв'язків між зміною діагностичних параметрів на спектрах вібрації, хімічного складу мастила, термогазодинамічних показників та виникненням передовідмовних станів рухомого складу;

4) очікувані результати навчання узгоджуються з цілями сталого розвитку, формуючи здатності до компетентного виявлення дефектів на ранніх стадіях, оптимізації ремонтних циклів на основі даних об'єктивного контролю, впровадження інтелектуальних систем діагностування та запобігання раптовим відмовам об'єктів залізничного транспорту із суворим дотриманням безпекових, екологічних та професійних стандартів.

ПРОГРАМА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Модуль 1. Неруйнівний контроль та функціонально-параметричне діагностування

Тема 1. Загальні основи технічного діагностування рухомого складу

Взаємозв'язок процесів контролю та технічного діагностування. Перехід від системи планово-попереджувальних ремонтів до обслуговування за фактичним станом. Класифікація систем, тестове діагностування (неруйнівний контроль деталей) та функціональне діагностування під час експлуатації.

Тема 2. Фізичні основи магнітних та капілярних методів неруйнівного контролю

Вимоги до проведення дефектоскопії механічного обладнання (рам візків, автозчепних пристроїв). Фізика магнітних полів розсіяння. Магнітопорошковий метод (типи намагнічування, виявлення поверхневих та підповерхневих втомних тріщин). Капілярна дефектоскопія.

Тема 3. Ультразвукова та вихрострумова дефектоскопія колісних пар і осей

Фізика розповсюдження та відбиття ультразвукових хвиль. П'єзоелектричні перетворювачі. Акустичний та тіньовий методи. Методика ультразвукового контролю осей колісних пар на наявність внутрішніх прихованих дефектів. Основи вихрострумового контролю.

Тема 4. Термодинамічні основи функціонально-параметричного діагностування

Використання термогазодинамічних параметрів (тиск, температура, витрати) як діагностичних ознак технічного стану енергетичних установок. Оцінка теплової та механічної напруженості дизеля, вплив зовнішніх атмосферних умов на ефективні показники. Побудова багатофакторних діагностичних моделей.

Тема 5. Діагностування за внутрішньоциліндровими параметрами

Методи прямого індиціювання дизелів за допомогою тензометричних та п'єзоелектричних датчиків тиску на працюючому локомотиві. Аналіз індикаторних діаграм. Фази процесу згоряння: визначення періоду затримки самозаймання, швидкості тепловиділення для виявлення дефектів циліндропоршневої групи (ЦПГ).

Тема 6. Діагностування паливної апаратури за аналізом імпульсу тиску палива

Використання накладних п'єзоелектричних та тензометричних датчиків для безрозбірного контролю. Характерні точки діаграми тиску (залишковий тиск, початок підвищення тиску, відкриття нагнітального клапана). Визначення зниження тиску відкриття голки та зносу плунжерних пар за зміною амплітуди відбитої хвилі.

Тема 7. Аналіз ходу голки розпилювача та оцінка кута випередження впорскування

Гідродинамічний процес впорскування палива. Використання індуктивних датчиків переміщення та датчиків тиску в дренажній магістралі для запису осцилограми ходу голки. Визначення фактичного кута випередження

впорскування палива відносно ВМТ. Ідентифікація втрати рухомості голки.

Тема 8. Оцінка технічного стану форсунок за гідрощільністю та параметрами факела

Вплив закоксовування соплових отворів на тривалість впорскування, дрібність розпилювання та далекобійність паливного факела. Вплив зносу прецизійної пари «голка-корпус розпилювача» на об'єм витоків палива. Особливості діагностування систем типу Common Rail з електрогідравлічним управлінням.

Модуль 2. Трибодіагностика, віброконтроль та аналіз даних бортових систем

Тема 9. Трибодіагностика, закономірності зношування деталей ЦПГ та КШМ

Використання моторної оливи як носія інформації про технічний стан тягового рухомого складу. Дослідження геометрії та інтенсивності зносу циліндрових втулок, поршневих пальців, компресійних і маслознімних кілець, корінних та шатунних шийок колінчастого вала.

Тема 10. Спектральний аналіз мастила та моделювання процесу накопичення продуктів зносу

Оптико-емісійна спектрометрія як метод визначення хімічного складу продуктів зношування. Математична модель динаміки концентрації металів (Fe, Cu, Sn, Pb, Si). Урахування інтенсивності надходження продуктів зносу, втрат на угар, доливання оливи та ефективності відсіву у фільтрах.

Тема 11. Застосування штучних нейронних мереж у діагностуванні за складом оливи

Оцінка технічного стану деталей з використанням архітектури штучних нейронних мереж. Навчання нейромережі на основі статистичних даних спектрального аналізу. Оцінка втрат при помилках першого і другого роду під час автоматизованого діагностування.

Тема 12. Інформаційний потенціал бортових мікропроцесорних систем управління (МСУ)

Архітектура апаратно-програмних комплексів (МСУ-ТП) як джерела діагностичних даних. Статистичний аналіз масивів даних (перевірка на унімодальність, очищення від грубих помилок). Дослідження реальних експлуатаційних режимів роботи тепловозів для завдань діагностування.

Тема 13. Виявлення передовідмовних станів та кореляційний аналіз

даних МСУ

Поняття «передовідмовного стану». Алгоритми виявлення аномалій у роботі агрегатів: нестабільна або занижена потужність ДГУ, перевищення допустимої температури вихлопних газів. Кореляційний аналіз для діагностування тягових електродвигунів (ТЕД) за струмами якорів (виявлення кидків струму).

Тема 14. Основи вібродіагностики та цифрова фільтрація віброакустичних сигналів

Фізична природа вібрацій в екіпажній частині. Параметри вібрації: вібропереміщення, віброшвидкість, віброприскорення. Аналогово-цифрове перетворення (АЦП) сигналів. Види експлуатаційних шумів та цифрова фільтрація (ФНЧ, ФВЧ, смугові фільтри).

Тема 15. Спектральний аналіз (ШПФ) та розпізнавання дефектів підшипників і редукторів

Математичний апарат ШПФ та використання віконних функцій. Метод високочастотного резонансу та побудова спектра обвідної. Розрахунок характерних частот дефектів підшипників кочення. Вібрація зубчастих передач: частота зачеплення та вплив зносу на формування бічних смуг у спектрі.

ТЕМАТИКА СЕМІНАРСЬКИХ/ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Перелік тем:

1 Моделювання ультразвукового та магнітопорошкового контролю деталей екіпажної частини тягового рухомого складу.

2 Розрахунок та аналіз функціонально-параметричних діагностичних ознак робочого процесу тепловозного дизеля.

3 Діагностування паливної апаратури за осцилограмами тиску палива та ходу голки розпилювача форсунки.

4 Моделювання процесу накопичення продуктів зношування та оцінка стану деталей за результатами спектрального аналізу мастила.

5 Застосування штучних нейронних мереж для класифікації технічного стану дизеля за даними трибодіагностики.

6 Статистична обробка та кореляційний аналіз масивів даних бортових систем МСУ для виявлення передовідмовних станів.

7 Цифрова фільтрація віброакустичних сигналів та побудова спектрів за допомогою ШПФ.

8 Розрахунок кінематичних частот та розпізнавання дефектів підшипників кочення за спектром обвідної вібрації.

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Не передбачена навчальним планом.

САМОСТІЙНА РОБОТА

Тема 1. Економічне обґрунтування та оцінка ризиків при переході від планово-попереджувальної системи до ремонту за фактичним технічним станом.

Тема 2. Автоматизація капілярного контролю та застосування оптичних систем зчитування індикацій на деталях екіпажної частини складної форми.

Тема 3. Особливості ультразвукового контролю суцільнокатаних коліс із використанням технології фазованих решіток (Phased Array).

Тема 4. Вплив технічного стану повітроохолоджувача та турбокомпресора на загальні ефективні показники дизель-генераторної установки.

Тема 5. Непрямі динамічні методи визначення індикаторної потужності по циліндрах дизеля без використання датчиків тиску.

Тема 6. Оцінка технічного стану плунжерних пар насосів високого тиску за параметрами залишкової хвилі тиску в паливопроводі.

Тема 7. Апаратне забезпечення для запису ходу голки форсунки, порівняльний аналіз індуктивних, п'єзоелектричних та тензометричних датчиків.

Тема 8. Причини утворення відкладень у соплових отворах розпилювачів та методи запобігання цьому процесу в експлуатаційних умовах.

Тема 9. Механізми зношування поршневих кілець та їх залежність від погіршення фізико-хімічних властивостей моторної оливи.

Тема 10. Портативні аналізатори та методи експрес-аналізу моторної оливи на наявність продуктів зношування в умовах локомотивного депо.

Тема 11. Проблема перенавчання та вибір архітектури при тренуванні штучних нейронних мереж для трибодіагностики дизелів.

Тема 12. Особливості зчитування та розшифрування архівних діагностичних файлів з бортових мікропроцесорних систем різних серій локомотивів.

Тема 13. Застосування критеріїв математичної статистики (Пірсона, Стьюдента) для верифікації виявлених передовідмовних станів у даних МСУ.

Тема 14. Характеристики та сфери застосування різних типів акселерометрів у жорстких температурних і вібраційних умовах візків локомотива.

Тема 15. Вплив конструктивного резонансу корпусу підшипникового вузла на достовірність його діагностування методом спектра обвідної вібрації.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№	Тема	Лекції, год	Практичні, год	Лабораторні, год	Самостійна робота, год	Усього, год
1	Тема 1. Загальні основи технічного діагностування рухомого складу	2	2	–	10	14
2	Тема 2. Фізичні основи магнітних та капілярних	2	–	–	5	7

	методів неруйнівного контролю					
3	Тема 3. Ультразвукова та вихрострумова дефектоскопія колісних пар і осей	2	2	–	10	14
4	Тема 4. Термодинамічні основи функціонально-параметричного діагностування	2	–	–	5	7
5	Тема 5. Діагностування за внутрішньоциліндровими параметрами	2	2	–	10	14
6	Тема 6. Діагностування паливної апаратури за аналізом імпульсу тиску палива	2	–	–	5	7
7	Тема 7. Аналіз ходу голки розпилювача та оцінка кута випередження впорскування	2	2	–	10	14
8	Тема 8. Оцінка технічного стану форсунок за гідрощільністю та параметрами факела	2	–	–	5	7
9	Тема 9. Трибодіагностика, закономірності зношування деталей ЦПГ та КШМ	2	2	–	10	14
10	Тема 10. Спектральний аналіз мастила та моделювання процесу накопичення продуктів зносу	2	–	–	10	12
11	Тема 11. Застосування штучних нейронних мереж у діагностуванні за складом оливи	2	2	–	10	14
12	Тема 12. Інформаційний потенціал бортових мікропроцесорних систем управління (МСУ)	2	–	–	10	12
13	Тема 13. Виявлення передовідмовних станів та кореляційний аналіз даних МСУ	2	2	–	10	14
14	Тема 14. Основи вібродіагностики та цифрова фільтрація віброакустичних сигналів	2	–	–	15	17
15	Тема 15. Спектральний аналіз (ШПФ) та розпізнавання дефектів підшипників і редукторів	2	1	–	10	13
	Усього	30	15	–	135	180

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Не передбачені навчальним планом.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

1 *Інформаційно-комунікативні:* фахові дискусії щодо доцільності та ризиків переходу локомотивного господарства від планово-попереджувальної системи ремонтів до обслуговування за фактичним технічним станом, евристичні бесіди з питань вибору оптимальних методів неруйнівного контролю, обговорення переваг та обмежень застосування штучних нейронних мереж у трибодіагностиці та аналізі даних бортових мікропроцесорних систем.

2 *Демонстраційні:* мультимедійні презентації сучасного діагностичного обладнання (ультразвукових дефектоскопів, віброаналізаторів, оптико-емісійних спектрометрів), візуалізація процесів цифрової фільтрації та швидкого перетворення Фур'є, наочна демонстрація алгоритмів розпізнавання дефектів на спектрограмах та аналізу осцилограм тиску палива й ходу голки форсунки.

3 *Практичні й дослідницькі:* обробка та спектральний аналіз масивів зареєстрованих віброакустичних сигналів, розрахунок кінематичних частот дефектів підшипників кочення та зубчастих передач, виконання математичного моделювання процесу накопичення продуктів зношування в моторному мастилі, статистична обробка та кореляційний аналіз масивів даних МСУ для виявлення передовідмовних станів.

4 *Інтерактивні та інноваційні:* проєктне навчання у самостійному написанні скриптів (у середовищах GNU Octave, Python) для обробки сигналів та класифікації технічного стану дизеля за допомогою штучних нейронних мереж; кейс-метод в аналізі реальних діагностичних даних бортових систем локомотива для розслідування причин падіння потужності енергетичних установок та локалізації пошкоджень тягових електродвигунів.

ФОРМИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль: до 60 балів
Модульний контроль: до 40 балів
Підсумковий контроль (залік): до 100 балів

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Виконання та захист практичних робіт (максимум 45 балів за модуль):

– 40 – 45 балів: здобувач вчасно та в повному обсязі виконав усі практичні завдання, результати спектрального аналізу вібросигналів, обробки масивів даних МСУ, розрахунки функціонально-параметричних ознак та побудовані моделі повністю відповідають заданим алгоритмам, під час захисту дає вичерпні аргументовані відповіді;

– 25 – 39 балів: роботи виконані майже повністю, є незначні недоліки у виборі меж цифрової фільтрації, розрахунках кінематичних частот дефектів, побудові моделей накопичення продуктів зношування чи розшифруванні осцилограм, відповіді під час захисту не завжди достатньо обґрунтовані;

– 10 – 24 бали: завдання виконані частково, допущено суттєві помилки в алгоритмах обробки діагностичних даних, математичному апараті ШПФ чи моделюванні неруйнівного контролю, здобувач відповідає рідко або невпевнено, слабко володіє середовищами для математичних обчислень (Python, GNU Octave) та інструментами аналізу спектрограм;

– 0 – 9 балів: фрагментарне чи несвоєчасне виконання практичних завдань, грубі помилки в розрахунках частот чи аналізі даних, пропуски занять без відпрацювання або виявлені ознаки академічної недоброчесності.

Питання з окремих тем (максимум 15 балів за модуль):

– 13 – 15 балів: вичерпні, точні та аргументовані відповіді на всі поставлені теоретичні питання, повне розуміння матеріалу;

– 9 – 12 балів: правильні відповіді з незначними неточностями або неповним обґрунтуванням теоретичних положень дисципліни;

– 5 – 8 балів: відповіді часткові, містять суттєві помилки, здобувач орієнтується в матеріалі лише поверхнево;

– 0 – 4 бали: відсутність відповідей, грубі помилки або повне незнання базових понять щодо методів неруйнівного контролю, вібродіагностики, трибодіагностики, функціонально-параметричного діагностування енергетичних установок та аналізу даних бортових мікропроцесорних систем.

Максимальну кількість балів, яку може отримати здобувач вищої освіти за модуль, становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів модульний контроль). Середнє арифметичне суми модульних оцінок складає оцінку за семестр.

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки і індивідуального навчального плану (при успішній здачі іспиту/заліку) здобувача вищої освіти, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної шкали (відмінно, добре, задовільно (незадовільно) для іспитів, курсових робіт/проєктів або зараховано/незараховано для заліків) та шкали ECTS (A, B, C, D, E, F).

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до державної шкали (відмінно, добре, задовільно) та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

При оцінюванні результатів навчання керуватися Положенням про контроль та оцінювання якості знань студентів в УкрДУЗТ https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/pologennya-pro-kontrol-ta-ocinuvannya-2015.pdf.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За національною шкалою	За шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою
ЗАРАХОВАНО	**A**	90 -100

	B	82-89
	C	75-81
	D	69-74
	E	60-68
НЕЗАРАХОВАНО	**FX**	35-59
	F	0-34

АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ ТА ПОЛІТИКА КУРСУ

Визначення плагіату та його наслідків:

«Академічний плагіат» – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості), та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства.

Види академічного плагіату:

– дослівне запозичення текстових фрагментів без оформлення їх як цитат з посиланням на джерело (в окремих випадках некоректним вважають навіть використання одного слова без посилання на джерело, якщо це слово використовують в унікальному значенні, наданому цим джерелом);

– використання інформації (факти, ідеї, формули, числові значення тощо) з джерела без посилання на це джерело;

– перефразування тексту джерела у формі, що є близькою до оригінального тексту, або наведення узагальнення ідей, інтерпретацій чи висновків з певного джерела без посилання на це джерело;

– подання як власних робіт (дисертацій, монографій, навчальних посібників, статей, тез, звітів, контрольних, розрахункових, курсових, дипломних та магістерських робіт, есеїв, рефератів тощо), виконаних на замовлення іншими особами, у тому числі робіт, стосовно яких справжні автори надали згоду на таке використання.

Правила цитування: «Цитата» – порівняно короткий уривок з літературного, наукового чи будь-якого іншого опублікованого (оприлюдненого на офіційному веб-сайті) твору, який використовується, з обов'язковим посиланням на його автора і джерело цитування, іншою особою у своєму творі з метою зробити зрозумілішими свої твердження або для посилання на погляди іншого автора в автентичному формулюванні.

Щоб правильно оформити цитату, необхідно дотримуватися таких правил:

– вказувати перевірене джерело. Цитати мають містити відомості про автора та назву його роботи, звідки взята цитата;

– не порушувати зміст цитати;

– відокремлювати цитату від основного тексту;

– використовувати скорочені цитати;

– вказувати сторінки.

Етика використання інструментів штучного інтелекту (ШІ): забороняється видавати результати, згенеровані штучним інтелектом, за власний результат без належного повідомлення, використовувати ШІ для заборонених завдань, подавати неперевірену або вигадану інформацію, а також використовувати ШІ для фабрикації чи фальсифікації.

Процедура оскарження оцінок: в Українському державному університеті залізничного транспорту діє Положення про організацію освітнього процесу, яким закріплено право здобувачів на оскарження результатів контрольних заходів. Тому якщо здобувачі незадоволені оцінкою, або є сумніви щодо об'єктивності викладачів вони можуть звернутися до завідувача кафедри із заявою-апеляцією. Створена апеляційна комісія перевіряє результати підсумкового контролю знань.

Правила поведінки на заняттях: заходить на онлайн-заняття вчасно, бажано за кілька хвилин до початку; використовуй своє справжнє ім'я та прізвище, вказувати номер групи; дотримуватися ввічливого та поважного спілкування; під час пар; вимикати мікрофон та вмикати його лише під час діалогу з викладачем; камеру, за можливості, тримати увімкненою; не перебивати інших учасників, користуватися за потреби функцією «піднятої руку»; використовувати чат лише для навчальних повідомлень; не поширювати сторонні посилання, зображення чи повідомлення; не ображати, не принижувати та не ігнорувати інших учасників.

Положення про систему забезпечення академічної доброчесності та порядок розгляду повідомлень про порушення академічної доброчесності в УкрДУЗТ:

https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2026/09/poloz_zap_plagiat_2026.pdf

Кодекс академічної доброчесності УкрДУЗТ:
https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2020/06/kodex.pdf

ПИТАННЯ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Перелік питань підготовки до іспиту:

1 У чому полягає сутність переходу від планово-попереджувальної системи ремонту до обслуговування рухомого складу за фактичним технічним станом?

2 Дайте визначення тестового та функціонального діагностування рухомого складу, у чому їх принципова різниця?

3 Що таке функціонально-параметричний підхід до технічного діагностування енергетичних установок?

4 Які основні економічні та технічні ризики виникають при переході на систему ремонту за фактичним технічним станом?

5 На яких фізичних явищах ґрунтується магнітопорошковий метод неруйнівного контролю?

6 Які типи намагнічування використовуються при дефектоскопії

відповідальних деталей екіпажної частини?

7 У чому полягає сутність кольорової дефектоскопії та які типи дефектів нею виявляють?

8 Які вимоги висуваються до підготовки поверхні деталей перед проведенням магнітопорошкового та капілярного контролю?

9 Поясніть фізику розповсюдження та відбиття ультразвукових хвиль у металевих конструкціях.

10 Який принцип дії п'єзоелектричних перетворювачів в ультразвуковій дефектоскопії?

11 Чим відрізняються акустичний та тіньовий методи ультразвукового контролю при перевірці колісних пар?

12 На яких фізичних принципах базується вихрострумовий контроль та для яких дефектів він є найефективнішим?

13 Які термогазодинамічні параметри використовуються як базові діагностичні ознаки стану дизелів?

14 Як саме впливають зовнішні атмосферні умови на ефективні показники тепловозного дизеля?

15 Яким чином будуються багатофакторні діагностичні моделі робочих процесів дизеля?

16 За якими параметричними ознаками оцінюється теплова та механічна напруженість тепловозного дизеля?

17 Які існують методи прямого індиціювання дизелів за допомогою датчиків тиску на працюючому локомотиві?

18 Що таке внутрішня мертва точка і як саме вона визначається на індикаторній діаграмі?

19 Назвіть основні фази процесу згоряння палива в циліндрі дизеля та опишіть їх вплив на форму індикаторної діаграми.

20 Як за допомогою аналізу періоду затримки самозаймання можна виявити дефекти циліндропоршневої групи?

21 Які типи датчиків застосовуються для безрозбірного контролю паливної апаратури?

22 Назвіть характерні точки діаграми тиску палива в паливопроводі та поясніть їх фізичний зміст.

23 Як за зміною амплітуди відбитої хвилі тиску в паливопроводі визначається знос плунжерних пар?

24 Як за діаграмою тиску палива визначається залишковий тиск та момент відкриття нагнітального клапана?

25 Як працюють індуктивні датчики переміщення при записі осцилограми ходу голки форсунки?

26 Як за допомогою датчика тиску, встановленого в дренажній магістралі, можна побічно визначити хід голки розпилювача?

27 Як визначається фактичний кут випередження впорскування палива

відносно ВМТ за осцилограмою ходу голки?

28 За якими специфічними ознаками на осцилограмі ходу голки ідентифікується втрата її рухомості?

30 Яким чином закоксовування соплових отворів розпилювача впливає на тривалість впорскування палива?

31 Як оцінюється дрібність розпилювання та далекобійність паливного факела при діагностуванні форсунок?

32 Як впливає знос прецизійної пари «голка-корпус розпилювача» на загальний об'єм витоків палива?

33 У чому полягають особливості діагностування акумуляторних паливних систем типу Common Rail з електрогідравлічним управлінням?

34 Які існують загальні закономірності зношування циліндрових втулок та поршневих пальців у процесі експлуатації локомотива?

35 Як моторне мастило виконує роль інформаційного носія про технічний стан деталей дизеля?

36 Чим відрізняється інтенсивність та характер зносу компресійних і маслознімних кілець тепловозного дизеля?

37 Які фізичні та експлуатаційні механізми впливають на знос корінних та шатунних шийок колінчастого вала?

38 У чому полягає фізична сутність оптико-емісійної спектрометрії при аналізі моторної оливи?

39 Назвіть хімічні елементи, надмірна концентрація яких вказує на знос конкретних груп деталей дизеля.

40 З яких математичних та фізичних складових формується модель динаміки концентрації металів у моторному мастилі?

41 Як впливають втрати оливи на угар, періодичне доливання та відсів у фільтрах на розрахункову концентрацію продуктів зношування?

42 Що таке штучна нейронна мережа типу багатошаровий персептрон і як вона використовується в технічному діагностуванні?

43 Які параметри спектрального аналізу мастила виступають вхідними даними для навчання нейромережі при трибодіагностиці?

44 Як аналізується чутливість навченої нейромережі до вхідних параметрів для підвищення достовірності діагнозу?

45 У чому полягають економічні та технічні втрати від помилок першого і другого роду під час автоматизованого діагностування за допомогою ШНМ?

46 Охарактеризуйте типову архітектуру бортових мікропроцесорних систем управління як джерел діагностичних даних.

47 Чому виникає критична необхідність очищення масивів даних МСУ від грубих помилок перед їх статистичним аналізом?

48 Для чого застосовуються критерії математичної статистики при обробці даних МСУ?

49 Які реальні експлуатаційні режими роботи є найбільш інформативними

для збору діагностичних даних?

50 Дайте визначення терміну «передовідмовний стан» та поясніть його ключову відмінність від поняття «відмова».

51 За якими параметричними ознаками в даних МСУ ідентифікується нестабільна або занижена потужність дизель-генераторної установки?

52 Як за допомогою аналізу розбіжностей температур вихлопних газів виявити передовідмовний стан окремих циліндрів дизеля?

53 У чому полягає суть методу кореляційного аналізу для діагностування стану ТЕД за струмами їх якорів?

54 Назвіть основні параметри вібрації та поясніть математичний і фізичний зв'язок між ними.

55 Які існують вимоги до АЦП вібросигналів та у чому полягає практичний зміст теореми Котельникова?

56 Які типи акселерометрів застосовуються для діагностування механічного обладнання у жорстких температурних та вібраційних умовах?

57 Поясніть призначення та принципи роботи цифрових фільтрів при очищенні віброакустичних сигналів від завад.

58 Що таке швидке перетворення Фур'є та яке його основне призначення у спектральному аналізі вібросигналів?

59 З якою метою застосовують метод амплітудної демодуляції високочастотного резонансу під час вібродіагностики?

60 За якими формулами розраховуються характерні кінематичні частоти виникнення дефектів підшипників кочення?

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Основна література:

1 Handbook of Technical Diagnostics : Fundamentals and Application to Structures and Systems / ed. by H. Czichos. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2013. 560 p. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25850-3. ISBN 978-3-642-25849-7

2 Machinery Failure Analysis and Troubleshooting / H. P. Bloch, F. K. Geitner. 4th ed. Waltham : Butterworth-Heinemann, 2012. 743 p. ISBN 978-0-12-386045-3.

3 Handbook of Noise and Vibration Control / ed. by M. J. Crocker. Hoboken : John Wiley & Sons, 2007. 1577 p. ISBN 978-0-471-39599-7.

4 Fault-Diagnosis Systems: An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance / R. Isermann. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2006. 466 p. ISBN 978-3-540-24112-6.

5 Condition Monitoring and Control for Intelligent Manufacturing / ed. by L. Wang, R. X. Gao. London : Springer-Verlag, 2006. 410 p. (Springer Series in Advanced Manufacturing). ISBN 978-1-84628-268-3.

6 Optimal Reliability Modeling: Principles and Applications / W. Kuo, M. J. Zuo. Hoboken : John Wiley & Sons, 2003. 561 p. ISBN 0-471-39761-X.

7 Vibration Fundamentals / R. K. Mobley. Boston : Newnes, 1999. 302 p. ISBN

0-7506-7150-5.

8 Handbook of Condition Monitoring : Techniques and Methodology / ed. by A. Davies. Dordrecht : Springer Science+Business Media, 1998. 571 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-4924-2. ISBN 978-94-010-6065-3.

Додаткова література:

1 Numerical Methods for Engineers / S. C. Chapra, R. P. Canale. 7th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2015. 987 p. ISBN 978-0-07-339792-4.

2 Applications of Random Process Excursion Analysis / I. S. Brainina ; transl. by D. Arch. Amsterdam : Elsevier, 2013. 243 p. ISBN 978-0-12-409501-4

3 Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems: Methods and Techniques / ed. by S. Kadry. Hershey : Engineering Science Reference, 2013. 462 p. ISBN 978-1-4666-2095-7.

4 Machining Dynamics: Frequency Response to Improved Production / T. L. Schmitz, K. S. Smith. New York : Springer, 2012. 384 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0460-6. ISBN 978-1-4614-0459-0

5 Identification of Dynamic Systems : An Introduction with Applications / R. Isermann, M. Münchhof. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2011. 710 p. https://doi.org/10.1007/978-3-540-78879-9. ISBN 978-3-540-78878-2.

6 Signals and Systems with MATLAB / W. Y. Yang, T. G. Chang, I. H. Song, Y. S. Cho, J. Heo, W. G. Jeon, J. W. Lee, J. K. Kim. Dordrecht ; Heidelberg ; London ; New York : Springer-Verlag, 2009. 476 p. https://doi.org/10.1007/978-3-540-92954-3. ISBN 978-3-540-92953-6.

7 Discover Signal Processing: An Interactive Guide for Engineers / S. Braun. Chichester : John Wiley & Sons, 2008. 368 p. ISBN 978-0-470-51970-7.

8 Intelligent Fault Diagnosis and Prognosis for Engineering Systems / G. Vachtsevanos, F. Lewis, M. Roemer, A. Hess, B. Wu. Hoboken : John Wiley & Sons, 2006. 454 p. ISBN 978-0-471-72999-0.

9 Automatic Autocorrelation and Spectral Analysis / P. M. T. Broersen. London : Springer-Verlag, 2006. 300 p. ISBN 978-1-84628-328-4.

10 Model-Based Signal Processing / J. V. Candy. Hoboken : IEEE Press ; John Wiley & Sons, 2006. 687 p. ISBN 978-0-471-23632-0.

11 Discrete-Time Signal Processing / A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, with J. R. Buck. 2nd ed. Upper Saddle River : Prentice Hall, 1999. 897 p. ISBN 0-13-754920-2.

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Перелік обладнання.

Офлайн:

– комп'ютеризована лабораторія кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, оснащена засобами для роботи з базами даних, імітації автоматизованих робочих місць (АРМ) розшифровки даних бортових мікропроцесорних систем

управління (МСУ) та системами для реєстрації й аналізу віброакустичних сигналів;

– мультимедійний проєктор.

Програмне забезпечення:

– середовища для математичних обчислень та обробки сигналів (GNU Octave, Python з бібліотеками SciPy, NumPy, Matplotlib) для виконання швидкого перетворення Фур'є (ШПФ), цифрової фільтрації шумів та розпізнавання дефектів підшипникових вузлів;

– відкрите програмне забезпечення для статистичного аналізу та обробки масивів діагностичних даних, зокрема для трибодіагностики та аналізу передовідмовних станів за даними МСУ.

Онлайн: платформа відеозв'язку Zoom для проведення лекційних та практичних занять у синхронному режимі. Активно використовуються функції демонстрації екрана для спільного аналізу спектрограм, написання скриптів фільтрації сигналів, роботи з масивами віброакустичних даних та візуалізації результатів діагностування в реальному часі.

Система дистанційного навчання УкрДУЗТ (Moodle): платформа для асинхронної самостійної роботи здобувачів (do.kart.edu.ua). Забезпечує цілодобовий доступ до електронного навчального курсу, інтерактивних методичних матеріалів, а також є базою для завантаження завдань до практичних робіт та проведення автоматизованого модульного й підсумкового тестування.

Стандартне комп'ютерне обладнання (персональний комп'ютер або ноутбук) викладача та здобувачів вищої освіти, оснащене базовими засобами для відеоконференцій (веб-камера, мікрофон, динаміки/навушники) та підключене до мережі Інтернет із пропускною здатністю, достатньою для трансляції потокового відео.

Посилання на онлайн-курс: https://do.kart.edu.ua

ВІДОМОСТІ ПРО РОЗРОБНИКІВ

ПІБ розробника: Михалків Сергій Васильович
Контактна інформація: 097-212-61-70
email: svm_m@kart.edu.ua

ВНЕСЕННЯ ЗМІН (ДАТА, СУТЬ, ПІДПИС)

Протокол засідання кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу № 02 від 31 серпня 2026 р.

Завідувач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, проф.

Володимир ПУЗИР