ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра експлуатації та ремонту машин

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва курсу	**Методи експериментальних досліджень двигунів транспортних засобів**
Викладач (-і)	Красота Михайло Віталійович, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин; Магопець Сергій Олександрович, доцент, кандидат технічних наук, завідувач кафедри експлуатації та ремонту машин
Контактний тел.	+38(095) 455-32-99; +38(050) 577-39-55
E-mail:	krasotamv@ukr.net; magserg@ukr.net
Рівень вищої освіти	3 рівень
Обсяг та ознаки дисципліни	Вибіркова навчальна дисципліна Змістових модулів – 2 Форма контролю: залік. Загальна кількість кредитів – 4, годин – 120. Формат: очний (offline / face to face) / дистанційний (online). Мова викладання: українська.
Консультації	Консультації проводяться відповідно до Графіку, розміщеному в інформаційному ресурсі moodle.kntu.kr.ua; у режимі відеоконференцій Zoom, через електронну пошту, Viber, Messenger, Telegram за домовленістю.
Пререквізити	Вища математика, Теорія ймовірностей та математична статистика, Технічна термодинаміка, Автомобільні двигуни, Метрологія і стандартизація.

1. Мета і завдання дисципліни

Мета Формування у здобувачів вищої освіти теоретичних знань і практичних навичок планування, організації та проведення експериментальних досліджень двигунів транспортних засобів, вибору засобів вимірювань, обробки та аналізу експериментальних даних для оцінювання й удосконалення енергетичних, економічних та екологічних показників двигунів.

Завдання Вивчення методології експериментальних досліджень, будови моторних випробувальних стендів і вимірювальних систем, методів вимірювання потужності, витрати палива, тисків, температур і токсичності відпрацьованих газів, а також методів планування експерименту, статистичної обробки результатів і побудови математичних моделей. Можливості та переваги: Дисципліна дає студентам інструменти для отримання достовірних експериментальних даних і їх обґрунтованої інтерпретації. Фахівець, який володіє методами експериментальних досліджень двигунів, здатен проводити випробування та порівняльну оцінку двигунів і палив, оцінювати ефективність заходів з підвищення паливної економічності та зниження викидів, виконувати науково-дослідні роботи. Це створює суттєву конкурентну перевагу як для роботи у випробувальних лабораторіях і сервісних центрах, так і для продовження навчання на другому (магістерському) рівні вищої освіти.

2. Результати навчання

У результаті вивчення даної дисципліни студент повинен:

- **знати:** методологію та види експериментальних досліджень двигунів; нормативну базу випробувань; будову моторних стендів і принципи дії засобів вимірювання крутного моменту, частоти обертання, витрати палива і повітря, тисків, температур і складу відпрацьованих газів; методи індиціювання двигунів; основи теорії похибок, планування експерименту та регресійного аналізу.
- **вміти:** складати програму та методику випробувань двигуна; обирати засоби вимірювань і оцінювати похибки та невизначеність результатів; визначати ефективні та індикаторні показники двигуна й будувати його характеристики; виконувати статистичну обробку експериментальних даних; планувати факторний експеримент, будувати регресійні моделі та перевіряти їх адекватність.
- **набути соціальних навичок (soft-skills):** системне мислення: здатність розглядати двигун, випробувальне обладнання та вимірювальну систему як єдиний об’єкт дослідження; командна робота: вміння ефективно взаємодіяти в дослідницькій групі під час підготовки та проведення випробувань; критичне мислення: здатність оцінювати достовірність отриманих даних, виявляти систематичні похибки й обґрунтовувати висновки; цифрова грамотність: готовність працювати з системами збору даних і програмними засобами статистичного аналізу.

3. Політика курсу та академічна доброчесність

Очікується, що здобувачі вищої освіти будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення.

Під час освітнього процесу в Центральноукраїнському національному

технічному університеті здобувачі вищої освіти, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу; Положення про організацію вивчення вибіркових навчальних дисциплін та формування індивідуального навчального плану ЗВО; Кодексу академічної доброчесності ЦНТУ.

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Методологічні основи експериментальних досліджень двигунів.

1. Наукове дослідження та експеримент: основні поняття і види.
2. Класифікація експериментів: лабораторні, стендові, експлуатаційні.
3. Етапи планування, проведення та аналізу експерименту.

Тема 2. Нормативна база випробувань двигунів.

1. Міжнародні та національні стандарти випробувань двигунів внутрішнього згоряння.
2. Вимоги Правил ООН № 85 щодо вимірювання потужності двигунів.
3. Розроблення програми та методики випробувань.

Тема 3. Моторні випробувальні стенди.

1. Структура та обладнання моторного стенду.
2. Гальмівні пристрої: гідравлічні, електричні, вихрострумові.
3. Системи підготовки повітря, палива та охолоджувальної рідини.

Тема 4. Вимірювання крутного моменту, частоти обертання та потужності.

1. Методи та засоби вимірювання крутного моменту.
2. Датчики частоти обертання колінчастого вала.
3. Приведення потужності до стандартних атмосферних умов.

Тема 5. Вимірювання витрати палива та повітря.

1. Масові та об’ємні методи вимірювання витрати палива.
2. Засоби вимірювання витрати повітря.
3. Розрахунок питомої витрати палива та коефіцієнта надлишку повітря.

Тема 6. Індиціювання двигунів.

1. Датчики тиску в циліндрі та їх встановлення.
2. Системи реєстрації індикаторних діаграм.
3. Аналіз індикаторних показників і характеристик тепловиділення.

Тема 7. Вимірювання температур і тисків.

1. Термоелектричні перетворювачі та термометри опору.
2. Датчики тиску робочих тіл і рідин.
3. Експериментальне визначення теплового балансу двигуна.

Тема 8. Дослідження токсичності та димності відпрацьованих газів.

1. Методи газового аналізу: NDIR, FID, CLD.

2. Вимірювання маси та кількості твердих частинок (PM, PN).
3. Випробувальні цикли WLTP, WHSC, WHTC та випробування в реальних умовах (RDE).

Змістовий модуль 2.

Тема 9. Системи збору та обробки експериментальних даних.

1. Структура вимірювально-інформаційних систем.
2. Аналого-цифрове перетворення, частота дискретизації та фільтрація сигналів.
3. Програмні засоби збору та візуалізації даних.

Тема 10. Похибки вимірювань і метрологічне забезпечення.

1. Класифікація похибок вимірювань.
2. Оцінювання невизначеності вимірювань.
3. Повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки.

Тема 11. Статистична обробка результатів експерименту.

1. Оцінювання параметрів законів розподілу.
2. Виявлення та відсіювання грубих похибок.
3. Перевірка статистичних гіпотез.

Тема 12. Планування експерименту.

1. Основні поняття теорії планування експерименту.
2. Повний і дробовий факторні експерименти.
3. Плани другого порядку та метод поверхні відгуку.

Тема 13. Регресійний аналіз і побудова математичних моделей.

1. Метод найменших квадратів.
2. Оцінювання значущості коефіцієнтів і адекватності моделі.
3. Оптимізація параметрів двигуна за математичною моделлю.

Тема 14. Дослідження двигунів на альтернативних паливах.

1. Методика порівняльних випробувань на різних паливах.
2. Особливості досліджень двигунів на біопаливах, газових паливах і водні.
3. Оцінювання впливу палива на енергетичні, економічні та екологічні показники.

Тема 15. Експлуатаційні та дорожні випробування.

1. Випробування на шасі-динамометрах (бігових барабанах).
2. Бортова реєстрація даних через OBD та CAN-логери.
3. Портативні системи вимірювання викидів (PEMS).

Тема 16. Віброакустичні та ресурсні дослідження двигунів.

1. Вимірювання вібрації та шуму двигуна.
2. Прискорені ресурсні випробування.
3. Оцінювання зношування деталей: мікрометраж, аналіз моторної оливи.

5. Критерії та засоби оцінювання

Методи контролю: спостереження за навчальною діяльністю студентів, усне опитування, тестовий контроль.

Форма підсумкового контролю: **залік.**

Критерієм успішного навчання є досягнення здобувачем вищої освіти мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним результатом навчання.

Забезпечення об'єктивності оцінювання здобувачів вищої освіти здійснюється шляхом застосування накопичувальної системи нарахування балів оцінювання результатів навчання з кожної теми освітнього компоненту впродовж семестру. Протягом семестру здобувач вищої освіти може отримати максимум 100 балів, у тому числі: перший рубіжний контроль – 50 балів, другий рубіжний контроль – 50 балів. По поточному контролю здобувач може набрати бали за активність на лекційних та практичних (семінарських) заняттях, виконання лабораторної роботи, виявлення рівня підготовки здобувачів із зазначеної теми під час опитування, тестування, презентації індивідуальних завдань, вирішення практичних задач та кейсів тощо.

Схема нарахування балів з навчальної дисципліни

Назва теми	Форми контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти*									Разом
	Виконання практичного (семінарського) завдання	Виконання лабораторної роботи	Розв'язування тестів	Опитування	Виконання завдань самостійної роботи	Виступ з доповіддю / презентацією	Розв'язання ситуаційних вправ (кейсів)	Виконання розрахунково-аналітичних завдань	.....	
Перший рубіжний контроль										
Тема 1. Методологічні основи експериментальних досліджень двигунів.	2		2		3					7
Тема 2. Нормативна база випробувань двигунів.	-		2		3					5
Тема 3. Моторні випробувальні стенди.	2		2		3					7
Тема 4. Вимірювання крутного моменту, частоти обертання та потужності.	-		2		3					5
Тема 5. Вимірювання витрати палива	2		2		3					7

та повітря.										
Тема 6. Індиціювання двигунів.	-		2		3					5
Тема 7. Вимірювання температур і тисків.	2		2		3					7
Тема 8. Дослідження токсичності та димності відпрацьованих газів.	-		2		3					5
Другий рубіжний контроль										
Тема 9. Системи збору та обробки експериментальних даних.	2		2		3					7
Тема 10. Похибки вимірювань і метрологічне забезпечення.	-		2		3					5
Тема 11. Статистична обробка результатів експерименту.	2		2		3					7
Тема 12. Планування експерименту.	-		2		3					5
Тема 13. Регресійний аналіз і побудова математичних моделей.	2		2		3					7
Тема 14. Дослідження двигунів на альтернативних паливах.	-		2		3					5
Тема 15. Експлуатаційні та дорожні випробування.	2		2		3					7
Тема 16. Віброакустичні та ресурсні дослідження	-		2		3					5

двигунів.										
Підготовка ЕСЕ за однією з наведених тем						4				4
Разом	**16**		**32**		**48**	**4**				**100**

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Форми, шкала та критерії оцінювання результатів навчання при проведенні поточного контролю успішності здобувачів вищої освіти*: Шкала та критерії оцінювання виконання практичного завдання (0-2)

Кількість балів	Критерії оцінювання
2	Відповіді правильні, обґрунтовані, осмислені та характеризують наявність спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень, критичне осмислення проблем у навчанні. Відповідь характеризує уміння виявляти та розв'язувати проблему, інтегрувати знання; провадити інноваційну та наукову діяльність та повністю відображає визначений результат навчання за темою. Компетентності сформовані на високому рівні; програмні результати навчання досягнуті повністю.
1,5	Відповіді правильні, обґрунтовані, осмислені та характеризують наявність спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень, критичне осмислення проблем у навчанні. Компетентності сформовані на досить високому рівні; програмні результати навчання досягнуті повністю.
0,5	Відповідь недостатньо обґрунтована та осмислена, характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності та показує неповноту засвоєння результату навчання. Компетентності формуються, але на базовому рівні, досягнення результатів навчання часткове.
0	Не виконання вправ на практичних заняттях (відсутність на

	практичному занятті), що не дає можливості оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання.

Шкала та критерії оцінювання розв'язування тестів*

Кількість балів	Критерії оцінювання
0-2	По кожній темі 5 тестових завдань. Бали: від 0-2 (по 0,4 балів за кожну правильну відповідь)

Шкала та критерії оцінювання самостійної роботи (0-3)*

Кількість балів	Критерії оцінювання
3	Вірно розкрите питання самостійної роботи; студент демонструє розуміння сутності матеріалу, логічність та самостійність у його викладі; аргументовано обґрунтовує свою думку; відповідь містить обґрунтовані висновки. Це свідчить про засвоєння теоретичних знань в повному обсязі
1,5	Завдання недостатньо обґрунтоване та осмислене, характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності та показує неповноту засвоєння результату навчання. Компетентності формуються, але на базовому рівні, досягнення результатів навчання часткове.
0	Не виконання завдань, що не дає можливості оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання.

6. Рекомендовані джерела інформації:

7.

1. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко І. І. Автомобільні двигуни : підручник. Київ : Арістей, 2006.

2. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. New York : McGraw-Hill Education, 2018.

3. Martyr A. J., Plint M. A. Engine Testing: The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities. 4th ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2012.

4. Merker G. P., Schwarz C., Teichmann R. (eds.). Combustion Engines Development: Mixture Formation, Combustion, Emissions and Simulation. Berlin : Springer, 2012.

5. Bosch Automotive Handbook. 11th ed. Robert Bosch GmbH ; Wiley, 2022.

6. Montgomery D. C. Design and Analysis of Experiments. 10th ed. Hoboken : Wiley, 2019.

7. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Joint Committee for Guides in Metrology, 2008.

8. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII (зі змінами). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18

9. UN Regulation No. 85. Uniform provisions concerning the approval of internal combustion engines or electric drive trains intended for the propulsion of motor vehicles with regard to the measurement of net power. Geneva : UNECE.

10. UN Regulation No. 49. Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compression-ignition engines and positive ignition engines for use in vehicles. Geneva : UNECE.

11. UN Global Technical Regulation No. 15. Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP). Geneva : UNECE.

12. Регламент Комісії (ЄС) 2017/1151 від 1 червня 2017 року щодо типового затвердження автотранспортних засобів стосовно викидів від легкових і легких комерційних транспортних засобів (Євро 5 і Євро 6).

13. Регламент Комісії (ЄС) № 582/2011 від 25 травня 2011 року щодо викидів від транспортних засобів великої вантажопідйомності (Євро VI).