ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра експлуатації та ремонту машин

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва курсу	Кіберфізичні системи в експлуатації, обслуговуванні та ремонті машин
Викладач (-і) *(фото за бажанням)*	Лисенко Сергій Володимирович, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин Аулін Віктор Васильович, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, доктор технічних наук, професор кафедри експлуатації та ремонту машин
Контактний тел.	+38(095) 0557411
E-mail:	aulinvv@kntu.kr.ua
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 за домовленістю.
Пререквізити	Особливі вимоги відсутні

1. Мета і завдання дисципліни

Мета формування у майбутніх фахівців автомобільного транспорту системи теоретичних знань і практичних навичок з архітектури, принципу дії, методів діагностики, предиктивного обслуговування та відновлення сучасних кіберфізичних систем (КФС) транспортних засобів (класичних автомобілів з ДВЗ, гібридів HEV/PHEV, електромобілів BEV та водневих платформ FCEV) для забезпечення їх ефективної та безвідмовної експлуатації в транспортних процесах.

Завдання вивчення дисципліни:

- Ознайомлення з новітніми технологіями зв'язку реального часу, бортовими мережами (CAN, LIN, FlexRay, Automotive Ethernet) та принципами взаємодії механічних вузлів із цифровими обчислювальними комплексами.
- Розуміння архітектури гібридних силових установок (HEV/PHEV), електромобілів (BEV) та систем управління акумуляторними батареями (BMS).
- Набуття компетенцій із предиктивного технічного обслуговування (Predictive Maintenance) та управління життєвим циклом машин на основі аналізу великих масивів даних (Big Data).

2. Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

- знати:

1. архітектуру та принципи інтеграції кіберфізичних систем (фізичний, мережевий та обчислювальний рівні) у сучасних транспортних засобах;
2. протоколи бортового та дистанційного обміну даними (CAN, LIN, FlexRay, Automotive Ethernet, OBD-II/UDS);
3. будову, принципи дії та алгоритми керування електронними блоками (ECU, VCU, BMS) силових установок (ДВЗ, HEV, BEV, FCEV);
4. методику збору та цифрової обробки сигналів сенсорних мереж (зокрема вібраційних, температурних та електричних параметрів);
5. концепцію предиктивного обслуговування (Predictive Maintenance) та технології компонентного ремонту елементів КФС.

- вміти:

1. аналізувати топологію бортових мереж та декодувати інформаційні пакети (CAN/SAE J1939);
2. здійснювати розрахунки та калібрування параметрів мікропроцесорних систем керування паливоподачею, енергоменеджментом і терморегулюванням;
3. застосовувати методи вібродіагностики для оцінки залишкового ресурсу (RUL) підшипникових вузлів та рухомих елементів силового приводу;
4. інтерпретувати код несправностей (DTC) та дані «замороженого кадру» (Freeze Frame) для локалізації апаратних збоїв;

- набути соціальних навичок (soft-skills):

1. Здатність до системного та критичного мислення при аналізі складних

технічних завдань.

2. Уміння ефективно комунікувати в межах мультидисциплінарних інженерно-логістичних команд.

3. Навички самоорганізації, неперервного навчання та адаптації до стрімкого розвитку цифрових технологій на транспорті.

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. Вступ до кіберфізичних систем (КФС) транспортних засобів. Поняття КФС в автомобільному транспорті, рівні інтеграції (фізичний, мережевий та обчислювальний) та взаємодія механічних вузлів із цифровими керуючими комплексами.

1. Ключові відмінності між класичною мехатронною системою та кіберфізичною системою транспортного засобу.

2. Теорема Шеннона-Гартлі, що обмежує можливості проєктування мережевого рівня автомобіля в умовах високих електромагнітних завад.

3. Сутність взаємодії механічних вузлів із цифровими комплексами на прикладі алгоритму Blended Braking.

Тема 2. Топологія бортових цифрових мереж. Архітектура та фізичний рівень протоколів передачі даних, порівняльний аналіз стандартів CAN, LIN, FlexRay та Automotive Ethernet у забезпеченні комунікації реального часу.

1. Особливості архітектури та фізичного рівня протоколів передачі даних у бортових цифрових мережах.

2. Основні відмінності між стандартами CAN та LIN при комунікації.

3. Стандарти FlexRay та Automotive Ethernet та їх забезпечення комунікації реального часу.

Тема 3. Сенсорні мережі та апаратні інтерфейси. Принципи отримання та первинної обробки аналогових і цифрових сигналів, а також виконавчі механізми КФС: від електромагнітних форсунок до крокових

електродвигунів.

1. Принципи отримання аналогових і цифрових сигналів у сенсорних мережах.

2. Первинна обробка сигналів за допомогою апаратних інтерфейсів.

3. Виконавчі механізми КФС, що застосовуються в автомобілях (на прикладі електромагнітних форсунок та крокових двигунів).

Тема 4. Електронні блоки керування (ECU, VCU). Апаратна архітектура мікроконтролерів автомобільного призначення, базові алгоритми обробки даних, розподіл обчислювальних потужностей та резервування систем.

1. Специфіка апаратної архітектури мікроконтролерів автомобільного призначення.

2. Базові алгоритми обробки даних, що застосовуються в електронних блоках керування (ECU, VCU).

3. Реалізація розподілу обчислювальних потужностей та резервування систем.

Тема 5. Мікропроцесорні системи керування ДВЗ. Алгоритми оптимізації паливоподачі, запалювання та сумішоутворення, керування бензиновими та дизельними системами прямого впорскування (Common Rail, GDI).

1. Мікропроцесорні алгоритми, що застосовуються для оптимізації паливоподачі та запалювання?

2. Процедура програмної оптимізації сумішоутворення в ДВЗ.

3. Особливості керування системами прямого впорскування Common Rail та GDI.

Тема 6. Керування екологічними системами та газообміном. Системи зниження токсичності як елементи КФС (EGR, SCR, DPF), алгоритми фазового регулювання, моніторингу каталізаторів та активної регенерації фільтрів сажі.

1. Системи зниження токсичності (EGR, SCR, DPF) інтегруються як елементи КФС.

2. Функціонування алгоритмів фазового регулювання та моніторингу каталізаторів.

3. Алгоритми здійснення активної регенерації фільтрів сажі?

Тема 7. Енергоменеджмент багатопотокових трансмісій гібридних авто (HEV, PHEV). Кінематика та стратегії розподілу крутного моменту між ДВЗ та електромоторами, алгоритми рекуперативного гальмування.

1. Кінематика процесів у багатопотокових трансмісіях гібридних авто (HEV, PHEV).

2. Стратегія, що застосовується для розподілу крутного моменту між ДВЗ та електромоторами.

3. Реалізація алгоритмів рекуперативного гальмування в межах енергоменеджменту.

Тема 8. Теплові та енергетичні баланси змішаних силових установок. Математичне моделювання робочих процесів, розрахунок оптимальних режимів роботи агрегатів для мінімізації питомої витрати палива та електроенергії.

1. Принципи здійснення математичного моделювання робочих процесів змішаних силових установок.
2. Підходи, що використовуються для розрахунку оптимальних режимів роботи агрегатів.
3. Розрахунок теплових та енергетичних балансів для мінімізації питомої витрати палива та електроенергії.

Змістовий модуль 2.

Тема 9. Архітектура високовольтних систем тягового електроприводу. Тягові інвертори: принципи керування силовими транзисторами (IGBT, SiC) на базі широтно-імпульсної модуляції (PWM).

1. Елементи архітектури високовольтних систем тягового електроприводу.
2. Принципи керування силовими транзисторами (IGBT, SiC) у тягових інверторах.
3. Широтно-імпульсна модуляція (PWM) в керуванні інверторами.

Тема 10. Системи керування акумуляторними батареями (BMS). Топологія BMS, алгоритми пасивного та активного балансування комірок, математичні моделі визначення рівня заряду SoC (State of Charge) та деградації SoH (State of Health).

1. Топологія систем керування акумуляторними батареями (BMS).
2. Відмінності між алгоритмами пасивного та активного балансування комірок.
3. Математичні моделі визначення рівня заряду (SoC) та рівня деградації (SoH).

Тема 11. Термальний менеджмент електромобілів. Кіберфізичне керування контурами рідинного охолодження та підігріву високовольтних батарей, інверторів і статорів електродвигунів, інтеграція теплових насосів (Heat Pumps).

1. Кіберфізичне керування контурами рідинного охолодження високовольтних компонентів.

2. Підігрів високовольтних батарей та статорів електродвигунів.

3. Особливості інтеграції теплових насосів (Heat Pumps) у системі термального менеджменту.

Тема 12. Кіберфізичні системи водневих автомобілів (FCEV). Керування термодинамічними процесами у паливних елементах (Fuel Cells), електронний контроль подачі кисню та водню під високим тиском.

1. Керування термодинамічними процесами у водневих паливних елементах.

2. Електронний контроль подачі кисню під високим тиском.

3. Механізми контролю подачі водню під високим тиском у платформах FCEV.

Тема 13. Телеметрія, хмарні технології та кібербезпека (V2X). Протоколи бездротової передачі телеметричних даних, інтеграція автомобілів у хмарні середовища, захист КФС від несанкціонованого доступу та OTA-оновлення (Over-the-Air).

1. Протоколи бездротової передачі використовуються для телеметричних даних та V2X.

2. Процес інтеграції транспортних засобів у хмарні середовища.

3. Алгоритми забезпечення захисту КФС від несанкціонованого доступу та безпеку OTA-оновлень.

Тема 14. Предиктивне обслуговування (Predictive Maintenance). Аналіз вібраційних, температурних та електричних аномалій, застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування залишкового ресурсу (RUL) компонентів.

1. Здійснення аналізу вібраційних, температурних та електричних аномалій.

2. Застосування алгоритмів машинного навчання у предиктивному обслуговуванні.

3. Метод прогнозування залишкового ресурсу (RUL) компонентів.

Тема 15. Віддалена діагностика та стандарти OBD-II/UDS. Методологія локалізації апаратних і програмних збоїв, робота з Freeze Frame даними, розшифровка DTC-кодів та виконання сервісних адаптацій.

1. Методологія застосування для локалізації апаратних і програмних збоїв.

2. Процедура з Freeze Frame даними та розшифровка DTC-кодів за стандартами OBD-II/UDS.

3. Процедури виконання сервісних адаптацій під час віддаленої діагностики.

Тема 16. Технології апаратного ремонту компонентів КФС. Регламенти безпеки при роботі з напругою понад 60 В (High Voltage Safety), діагностика та компонентний ремонт електронних плат ECU/BMS, відновлення високовольтних батарей.

1. Регламенти безпеки передбачені при роботі з напругою понад 60 В (High Voltage Safety).

2. Діагностика та компонентний ремонт електронних плат ECU та BMS.

3. Технології відновлення високовольтних батарей.

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	.....	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перший рубіжний контроль										
Тема лекції 1. Вступ до кіберфізичних систем (КФС)	2		2		4					8

транспортних засобів.										
Тема лекції 2. Топологія бортових цифрових мереж.	-		2		3					5
Тема лекції 3. Сенсорні мережі та апаратні інтерфейси.	2		2		4					8
Тема лекції 4. Електронні блоки керування (ECU, VCU).	-		2		3					5
Тема лекції 5. Мікропроцесорні системи керування ДВЗ.	2		2		3					7
Тема лекції 6. Керування екологічними системами та газообміном.	-		2		3					5
Тема лекції 7. Енергоменеджмент багатопотокових трансмісій гібридних авто (HEV, PHEV).	2		2		3					7
Тема лекції 8. Теплові та енергетичні баланси змішаних силових установок.	-		2		3					5
Другий рубіжний контроль										
Тема лекції 9. Архітектура високовольтних систем тягового електроприводу.	2		2		4					8
Тема лекції 10. Системи керування акумуляторними батареями (BMS).	-		2		3					5
Тема лекції 11. Термальний	2		2		4					8

менеджмент електромобілів.										
Тема лекції 12. Кіберфізичні системи водневих автомобілів (FCEV).	-		2		3					5
Тема лекції 13. Телеметрія, хмарні технології та кібербезпека (V2X).	2		2		3					7
Тема лекції 14. Предиктивне обслуговування (Predictive Maintenance).	-		2		3					5
Тема лекції 15. Віддалена діагностика та стандарти OBD-II/UDS.	2		2		3					7
Тема лекції 16. Технології апаратного ремонту компонентів КФС.	-		2		3					5
Разом		**16**	**32**		**52**					**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

6. Рекомендовані джерела інформації

Основні

1. Jazar, R. N. (2023). Vehicle Dynamics: Theory and Application (4th ed.). Springer, Cham.

2. Navet, N., & Simonot-Lion, F. (Eds.). (2020). Automotive Embedded Systems Handbook (2nd ed.). CRC Press.

3. Isermann, R. (2024). Engine Modeling and Control: Modeling and Electronic Management of Internal Combustion Engines (2nd ed.). Springer.

4. Reif, Conrad. (2021). Automotive Mechatronics: Automotive Networking, Driving Stability Systems, Electronics (2nd ed.). Springer Vieweg.

5. Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. (2021). Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles (3rd ed.). CRC Press.

6. Denton, T. (2021). Automobile Electrical and Electronic Systems (5th ed.). Routledge.

7. Schramm, D., Kley, M., & Hesse, B. (2021). Vehicle Technology: Technical Foundations of Current and Future Motor Vehicles. De Gruyter Oldenbourg.

8. Vantsevich, V. V., & Blundell, M. (2025). Advanced Autonomous Vehicle Engineering: Data Analytics and Machine Learning. SAE International.

9. Grover, A., & Agarwal, P. (2024). Artificial Intelligence and Machine Learning in Vehicle Dynamics. CRC Press / Taylor & Francis.

10. Zatsarinny, A., & Ivanov, B. (2024). Reliability of Complex Transport Systems and Predictive Maintenance. Taylor & Francis.

11. Williams, J. (2026). Additive Manufacturing and Advanced Repair in the Automotive Industry. Elsevier Engineering.

12. ISO 26262-1:2021 / ISO 26262-11:2022. Road vehicles — Functional safety (Parts 1-12). International Organization for Standardization.

Додаткові

1. Kutz, M. (Ed.). (2022). *Mechanical Engineers' Handbook, Volume 2: Design, Instrumentation, Systems Analysis, and Simulation* (5th ed.). John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-119-72370-7.

2. Grover, A., & Agarwal, P. (2024). *Artificial Intelligence and Machine Learning in Vehicle Dynamics*. CRC Press / Taylor & Francis. DOI: 10.1201/9781003362142.

3. Genta, G. (2020). *Road Vehicle Dynamics: A Systematic Approach to Mechanics and Control* (2nd ed.). World Scientific. DOI: 10.1142/11494.

4. Bathe, K.-J. (2021). *Finite Element Procedures* (2nd ed., updated release). Prentice-Hall / Klaus-Jürgen Bathe. ISBN: 978-0-9790049-5-7.