


**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра тракторів і автомобілів


«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан МТФ
Вячеслав БРАТІШКО
«09» червня 2026 р.



«СХВАЛЕНО»
на засіданні кафедри тракторів і
автомобілів
Протокол №11 від «08» червня 2026 р.
Завідувач кафедри тракторів і
автомобілів

Євген КАЛІНІН

«РОЗГЛЯНУТО»
Гарант ОНП «Автомобільний транспорт»
Іван КОЛЕСНИК

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ В АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

Галузь знань І «Транспорт та послуги»
Спеціальність І8 «Автомобільний транспорт»
Освітня програма «Автомобільний транспорт»
Факультет Механіко-технологічний
Розробники: завідувач кафедри, д.т.н., професор Калінін Є.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2026 р.

Опис навчальної дисципліни «Цифрові двійники в автомобільному транспорті»

Дисципліна «Цифрові двійники в автомобільному транспорті» спрямована на формування у здобувачів освіти сучасних знань про концепцію цифрових двійників, методи їх створення, інтеграції та використання на всіх етапах життєвого циклу об'єктів автомобільного транспорту – від проєктування та випробувань до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту й утилізації. У процесі вивчення дисципліни розглядаються сучасні підходи до побудови фізичних, математичних і комп'ютерних моделей транспортних засобів, технології цифрового моделювання, інформаційно-комунікаційні системи, Internet of Things (IoT), цифрові платформи CAD/CAM/CAE/PLM, а також методи аналізу великих масивів даних і застосування штучного інтелекту для прогнозування технічного стану автомобільних систем.

Особлива увага приділяється інтеграції цифрових моделей із даними реальної експлуатації транспортних засобів, використанню цифрових двійників для моніторингу технічного стану, прогнозування залишкового ресурсу, оптимізації конструктивних і технологічних рішень, підтримки прийняття інженерних рішень, підвищення надійності, безпеки, енергоефективності та економічної ефективності функціонування автомобільної техніки.

Після опанування дисципліни здобувачі освіти здатні самостійно створювати цифрові двійники автомобільних систем, інтегрувати результати математичного, фізичного та комп'ютерного моделювання з експлуатаційними даними реальних транспортних засобів, використовувати сучасні CAD/CAE/CAM/PLM-платформи, засоби цифрового моніторингу та прогнозування аналітики для дослідження й удосконалення автомобільної техніки. Студенти вміють аналізувати поведінку технічних систем у реальному часі, прогнозувати їх технічний стан і залишковий ресурс, оцінювати ефективність інженерних рішень, застосовувати сучасні цифрові технології для підтримки життєвого циклу транспортних засобів та розробляти інноваційні рішення, спрямовані на підвищення безпеки, надійності, енергоефективності й конкурентоспроможності об'єктів автомобільного транспорту.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	<i>магістр</i>	
Спеціальність	<i>І8 Автомобільний транспорт</i>	
Освітня програма	<i>Автомобільний транспорт</i>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	180	
Кількість кредитів ECTS	6	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота)	–	
Форма контролю	<i>екзамен</i>	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	2	
Семестр	3	
Лекційні заняття	<i>30 год.</i>	
Практичні, семінарські заняття	<i>30 год.</i>	
Лабораторні заняття	–	
Самостійна робота	<i>120 год.</i>	
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	<i>4 год.</i>	

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Мета – формування у здобувачів освіти системних знань і практичних навичок щодо створення, використання та інтеграції цифрових двійників об'єктів автомобільного транспорту на всіх етапах їх життєвого циклу – від проєктування та випробувань до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту й утилізації. Особлива увага приділяється побудові фізичних, математичних і комп'ютерних моделей транспортних засобів, інтеграції даних із сенсорів та інформаційно-комунікаційних систем, використанню технологій Internet of Things (IoT), CAD/CAE/PLM-платформ, цифрового моделювання, аналізу великих масивів даних та штучного інтелекту для прогнозування технічного стану, оптимізації експлуатаційних процесів, підтримки прийняття інженерних рішень і підвищення ефективності функціонування автомобільних систем.

Завдання – формування знань про концепцію цифрових двійників, архітектуру їх побудови, сучасні інформаційні технології, методи математичного, фізичного та комп'ютерного моделювання, принципи інтеграції CAD/CAM/CAE/PLM-систем, цифрових платформ, сенсорних мереж та технологій Internet of Things у процеси створення й експлуатації об'єктів автомобільного транспорту; розвиток навичок розроблення цифрових моделей автомобільних систем, збору, синхронізації та аналізу експлуатаційних даних, виконання комп'ютерних експериментів, прогнозування технічного стану, оптимізації конструктивних і технологічних рішень, використання сучасних програмних комплексів інженерного аналізу та цифрового моделювання; оволодіння прийомами створення цифрових двійників автомобілів і їх складових, оцінювання технічного стану, прогнозування залишкового ресурсу, обґрунтування інноваційних технічних рішень, підвищення якості, надійності,

енергоефективності, безпеки та економічної ефективності експлуатації транспортних засобів із дотриманням вимог технічної безпеки, чинного законодавства та принципів академічної доброчесності.

Результатом вивчення дисципліни є здатність здобувачів освіти самостійно розробляти цифрові двійники автомобільних систем, інтегрувати результати математичного, фізичного та комп'ютерного моделювання з експлуатаційними даними реальних транспортних засобів, використовувати сучасні CAD/CAE/CAM/PLM-платформи, засоби цифрового моніторингу та прогнозу аналітики для дослідження, оптимізації й удосконалення конструкцій, технологічних процесів і режимів експлуатації автомобільної техніки. Студенти вміють створювати цифрові моделі технічних систем, аналізувати їх поведінку в реальному часі, прогнозувати технічний стан і залишковий ресурс, оцінювати ефективність інженерних рішень, застосовувати сучасні цифрові технології для підтримки життєвого циклу транспортних засобів, а також розробляти інноваційні рішення, спрямовані на підвищення безпеки, надійності, енергоефективності та конкурентоспроможності об'єктів автомобільного транспорту.

Перелік навчальних дисциплін, які передують вивченню дисципліни: Вступ до наукових досліджень та академічна доброчесність

Набуття компетентностей:

інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати складні задачі та проблеми у автомобільному транспорті при здійсненні професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

загальні компетентності (ЗК):

ЗК 1. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК 16. Здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів недоброчесності.

спеціальні (фахові) компетентності (СК):

СК 5. Здатність демонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів при вирішенні наукових та виробничих проблем у сфері автомобільного транспорту

СК 7. Здатність демонструвати розуміння правових рамок, що мають відношення до функціонування об'єктів автомобільного транспорту України, зокрема питання персоналу, здоров'я, безпеки і ризику (у тому числі екологічного ризику).

СК 8. Здатність демонструвати широке розуміння проблем якості процесів та об'єктів автомобільного транспорту.

СК 10. Вміння досліджувати, аналізувати та вдосконалювати технологічні процеси автомобільного транспорту.

СК 14. Вміння грамотно здійснювати аналіз і синтез при вивченні технічних систем об'єктів автомобільного транспорту

СК 15. Вміння вибирати та застосовувати на практиці методи дослідження, планування і проводити необхідні експерименти, інтерпретувати результати і робити висновки щодо оптимальності рішень, що приймаються у сфері виробництва, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту

СК 16. Вміння 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 автомобільного транспорту.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН 2. Демонструвати здатність проводити дослідницьку та/або інноваційну діяльність у створенні, експлуатації та ремонті об'єктів автомобільного транспорту.

ПРН 4. Демонструвати здатність критично осмислювати проблеми у галузі автомобільного транспорту, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, екологією, економікою.

ПРН 7. Вміти приймати рішення з інженерних питань зі створення, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту у складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням прогнозування та сучасних засобів підтримки прийняття рішень.

ПРН 9. Вміти пропонувати нові технічні рішення і застосовувати нові технології.

ПРН 10. Вміти застосовувати у професійній діяльності існуючі універсальні і спеціалізовані системи управління життєвим циклом (PLM), автоматизованого проектування (CAD), виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE).

ПРН 15. Вміти знаходити оптимальні рішення при створенні продукції автомобільного транспорту з урахуванням вимог якості, надійності, енергоефективності, безпеки життєдіяльності, вартості та строків виконання.

ПРН 16. Вміти розраховувати характеристики об'єктів автомобільного транспорту.

ПРН 17. Вміти застосовувати прогресивні методи і технології, модифікувати існуючі та розробляти нові методи та/або завдання, здійснювати заходи для ефективного виконання професійних завдань.

ПРН 20. Демонструвати здатність до подальшого навчання у сфері автомобільного транспорту, інженерії та суміжних галузей знань, яке значною мірою є автономним та самостійним.

ПРН 21. Вміти обирати 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 автомобільного транспорту.

ПРН 23. Демонструвати здатність керувати технологічними процесами у відповідності з посадовими обов'язками, забезпечувати технічну безпеку виробництва в сфері своєї професійної діяльності.

ПРН 24. Вміти проводити техніко-економічні розрахунки, порівняння та обґрунтування процесів проектування, конструювання, виробництва, ремонту, реновації, експлуатації об'єктів автомобільного транспорту

ПРН 25. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми, що пов'язані з технологією проектування, конструювання, виробництва, ремонтом, реновацією, експлуатацією об'єктів автомобільного транспорту відповідно до спеціалізації.

ПРН 26. Демонструвати здатність визначати ризики, забезпечувати особисту безпеку та безпеку інших людей у сфері професійної діяльності.

2. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							заочна форма						
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
Змістовий модуль 1. <i>Теоретичні основи цифрових двійників автомобільних систем</i>														
Лекція 1. Концепція цифрових двійників. Життєвий цикл автомобільної техніки та місце Digital Twin	1	12	2	2			8							
Лекція 2. Архітектура цифрових двійників. Рівні моделювання та інтеграція фізичних і цифрових моделей	2	12	2	2			8							
Лекція 3. Математичні, фізичні та комп'ютерні моделі автомобільних систем	3	12	2	2			8							
Лекція 4. CAD/CAE/CAM/PLM як основа створення цифрових двійників	4	12	2	2			8							
Лекція 5. Інтернет речей (IoT), сенсорні мережі та телеметрія автомобіля	5	12	2	2			8							
Лекція 6. Дані цифрового двійника: зберігання, синхронізація та верифікація	6	12	2	2			8							
Лекція 7. Основи прогнозної аналітики та штучного інтелекту у цифрових двійниках	7	12	2	2			8							
Разом за змістовим модулем 1		84	14	14			56							
Змістовий модуль 2. <i>Практичне застосування цифрових двійників у автомобільному транспорті</i>														
Лекція 8. Цифрові двійники силових агрегатів, трансмісії та ходової частини	8	12	2	2			8							

Лекція 9. Цифрові двійники технічного обслуговування та ремонту автомобілів	9	12	2	2			8						
Лекція 10. Прогнозування залишкового ресурсу автомобільних систем	10	12	2	2			8						
Лекція 11. Цифрові двійники виробничих процесів автомобільного транспорту	11	12	2	2			8						
Лекція 12. Оптимізація конструкцій автомобільних систем за допомогою цифрових двійників	12	12	2	2			8						
Лекція 13. Безпека, кібербезпека та правові аспекти використання цифрових двійників	13	12	2	2			8						
Лекція 14. Інтелектуальні транспортні системи та цифрові двійники мобільності	14	12	2	2			8						
Лекція 15. Перспективи розвитку цифрових двійників у автомобільному транспорті	15	12	2	2			8						
Разом за змістовим модулем 2		96	16	16			64						
Усього годин		180	30	30			120						
Курсовий проект													
Усього годин		180	30	30			120						

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Концепція цифрових двійників. Життєвий цикл автомобільної техніки та місце Digital Twin	2
2.	Архітектура цифрових двійників. Рівні моделювання та інтеграція фізичних і цифрових моделей	2

3.	Математичні, фізичні та комп'ютерні моделі автомобільних систем	2
4.	CAD/CAE/CAM/PLM як основа створення цифрових двійників	2
5.	Інтернет речей (IoT), сенсорні мережі та телеметрія автомобіля	2
6.	Дані цифрового двійника: зберігання, синхронізація та верифікація	2
7.	Основи прогнозної аналітики та штучного інтелекту у цифрових двійниках	2
8.	Цифрові двійники силових агрегатів, трансмісії та ходової частини	2
9.	Цифрові двійники технічного обслуговування та ремонту автомобілів	2
10.	Прогнозування залишкового ресурсу автомобільних систем	2
11.	Цифрові двійники виробничих процесів автомобільного транспорту	2
12.	Оптимізація конструкцій автомобільних систем за допомогою цифрових двійників	2
13.	Безпека, кібербезпека та правові аспекти використання цифрових двійників	2
14.	Інтелектуальні транспортні системи та цифрові двійники мобільності	2
15.	Перспективи розвитку цифрових двійників у автомобільному транспорті	2
Разом		30

4. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Створення функціональної схеми цифрового двійника автомобільної системи	2
2.	Побудова архітектури цифрового двійника автомобіля	2
3.	Розроблення математичної моделі окремої автомобільної системи	2
4.	Інтеграція CAD-моделі з інженерним аналізом CAE	2
5.	Формування структури збору даних із датчиків автомобіля	2
6.	Організація потоків даних між фізичним об'єктом і цифровим двійником	2
7.	Побудова алгоритму прогнозування технічного стану автомобіля	2
8.	Створення цифрового двійника двигуна або трансмісії	2
9.	Розроблення цифрової моделі технічного обслуговування автомобіля	2

10.	Побудова моделі прогнозування ресурсу вузла автомобіля	2
11.	Моделювання виробничого або сервісного процесу засобами цифрового двійника	2
12.	Проведення цифрового експерименту з оптимізації конструкції	2
13.	Оцінювання ризиків використання цифрових двійників автомобілів	2
14.	Розроблення концепції цифрового двійника транспортної системи	2
15.	Комплексне виконання індивідуального проєкту «Цифровий двійник автомобільної системи»	2
Разом		30

5. Темы самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Огляд сучасних концепцій Digital Twin у транспортній галузі	8
2	Аналіз міжнародних стандартів цифрових двійників	8
3	Порівняльний аналіз фізичних та математичних моделей	8
4	Огляд сучасних PLM-платформ автомобільної промисловості	8
5	Аналіз сучасних автомобільних телематичних систем	8
6	Огляд сучасних технологій управління даними	8
7	Огляд сучасних AI-технологій для транспортної галузі	8
8	Дослідження цифрових двійників силових агрегатів світових виробників	8
9	Аналіз Predictive Maintenance у транспортній галузі	8
10	Аналіз методів оцінювання залишкового ресурсу	8
11	Огляд Industry 4.0 та Smart Factory	8
12	Аналіз прикладів оптимізації конструкцій автомобілів	8
13	Вивчення нормативно-правових документів щодо цифрових технологій	8
14	Огляд Smart City та Connected Vehicle	8
15	Підготовка презентації та аналітичного звіту за результатами проєкту	8
Разом		120

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- екзамен;
- модульні тести;
- реферати;
- інші види.

7. Методи навчання:

- словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо);
- практичний метод;
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);
- інші види.

8. Оцінювання результатів навчання

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1 Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Змістовий модуль 1. <i>Теоретичні основи цифрових двійників автомобільних систем</i>		
Лекція 1. Концепція цифрових двійників. Життєвий цикл автомобільної техніки та місце Digital Twin	ПРН 2, ПРН 4, ПРН 20. Знати сутність цифрового двійника, його місце у життєвому циклі автомобільної техніки та роль у дослідницькій й інноваційній діяльності. Вміти визначати можливості застосування Digital Twin для створення, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту.	2
Практична робота №1. Створення функціональної схеми цифрового двійника автомобільної системи	ПРН 2, ПРН 21, ПРН 25. Вміти формувати функціональну схему цифрового двійника, визначати його основні елементи, інформаційні потоки та зв'язок із реальним технічним об'єктом.	10
Самостійна робота №1. Огляд сучасних концепцій Digital Twin у транспортній галузі	ПРН 4, ПРН 20. Вміти самостійно аналізувати сучасні концепції цифрових двійників у транспортній галузі та визначати перспективи їх використання.	2
Лекція 2. Архітектура цифрових двійників. Рівні моделювання та інтеграція фізичних і цифрових моделей	ПРН 10, ПРН 21. Знати архітектуру цифрового двійника, рівні моделювання та принципи інтеграції фізичних, математичних і комп'ютерних моделей. Вміти визначати структуру цифрової моделі автомобільної системи.	2
Практична робота №2. Побудова архітектури цифрового двійника автомобіля	ПРН 10, ПРН 21, ПРН 25. Вміти розробляти архітектуру цифрового двійника автомобіля, визначати джерела даних, модулі моделювання, блоки аналізу та прийняття рішень.	10

Самостійна робота №2. Аналіз міжнародних стандартів цифрових двійників	ПРН 4, ПРН 20, ПРН 26. Вміти аналізувати міжнародні підходи та стандарти щодо цифрових двійників, враховуючи вимоги безпеки, якості та ризиків.	2
Лекція 3. Математичні, фізичні та комп'ютерні моделі автомобільних систем	ПРН 16, ПРН 21. Знати види моделей автомобільних систем, принципи їх побудови та використання для дослідження технічного стану й поведінки об'єкта. Вміти обирати модель відповідно до інженерної задачі.	2
Практична робота №3. Розроблення математичної моделі окремої автомобільної системи	ПРН 16, ПРН 21, ПРН 25. Вміти створювати математичну модель вузла або системи автомобіля, задавати вихідні параметри, обмеження та показники для подальшого аналізу.	10
Самостійна робота №3. Порівняльний аналіз фізичних та математичних моделей	ПРН 4, ПРН 20, ПРН 21. Вміти самостійно порівнювати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі, визначати їх переваги, обмеження та сферу застосування.	2
Лекція 4. CAD/CAE/CAM/PLM як основа створення цифрових двійників	ПРН 10, ПРН 15, ПРН 21. Знати можливості CAD, CAE, CAM і PLM-систем у створенні цифрових двійників автомобільної техніки. Вміти визначати роль цифрових платформ у проектуванні, виробництві та експлуатації.	2
Практична робота №4. Інтеграція CAD-моделі з інженерним аналізом CAE	ПРН 10, ПРН 15, ПРН 21. Вміти інтегрувати геометричну модель із розрахунковим середовищем, виконувати інженерний аналіз та використовувати результати для обґрунтування технічного рішення.	10
Самостійна робота №4. Огляд сучасних PLM-платформ автомобільної промисловості	ПРН 10, ПРН 20. Вміти самостійно аналізувати сучасні PLM-платформи та визначати їх роль в управлінні життєвим циклом автомобільної техніки.	2
Лекція 5. Інтернет речей, сенсорні мережі та телеметрія автомобіля	ПРН 9, ПРН 17, ПРН 21. Знати принципи використання IoT, сенсорних мереж і телеметрії для збору експлуатаційних даних автомобіля. Вміти визначати параметри, необхідні для цифрового моніторингу технічного стану.	2
Практична робота №5. Формування структури збору даних із датчиків автомобіля	ПРН 9, ПРН 13, ПРН 21. Вміти визначати набір датчиків, канали передачі даних, контрольовані параметри та структуру інформаційного потоку для цифрового двійника.	10
Самостійна робота №5. Аналіз сучасних автомобільних телематичних систем	ПРН 4, ПРН 20. Вміти самостійно аналізувати сучасні телематичні системи автомобілів і можливості їх використання для створення цифрових двійників.	2

Лекція 6. Дані цифрового двійника: зберігання, синхронізація та верифікація	ПРН 7, ПРН 21, ПРН 26. Знати принципи зберігання, синхронізації, перевірки достовірності та безпечного використання даних цифрового двійника. Вміти оцінювати ризики помилок даних і їх вплив на інженерні рішення.	2
Практична робота №6. Організація потоків даних між фізичним об'єктом і цифровим двійником	ПРН 7, ПРН 21, ПРН 26. Вміти будувати схему обміну даними між реальним автомобільним об'єктом і його цифровою моделлю, визначати вимоги до точності, синхронізації та безпеки даних.	10
Самостійна робота №6. Огляд сучасних технологій управління даними	ПРН 20, ПРН 21. Вміти самостійно аналізувати технології управління даними, що застосовуються у цифрових двійниках технічних систем.	2
Лекція 7. Основи прогнозної аналітики та штучного інтелекту у цифрових двійниках	ПРН 7, ПРН 9, ПРН 17. Знати основи прогнозної аналітики та штучного інтелекту для оцінювання технічного стану автомобільних систем. Вміти визначати задачі, які можуть бути розв'язані засобами AI у цифровому двійнику.	2
Практична робота №7. Побудова алгоритму прогнозування технічного стану автомобіля	ПРН 7, ПРН 9, ПРН 17, ПРН 21. Вміти формувати алгоритм прогнозування технічного стану автомобільної системи на основі експлуатаційних даних, цифрової моделі та заданих критеріїв оцінювання.	10
Самостійна робота №7. Огляд сучасних AI-технологій для транспортної галузі	ПРН 9, ПРН 17, ПРН 20. Вміти самостійно аналізувати сучасні технології штучного інтелекту, що застосовуються для прогнозування, діагностики та оптимізації автомобільних систем.	4
Всього за модулем 1		100
Змістовий модуль 2. <i>Практичне застосування цифрових двійників у автомобільному транспорті</i>		
Лекція 1. Цифрові двійники силових агрегатів, трансмісії та ходової частини	ПРН 2, ПРН 16, ПРН 21. Знати особливості створення цифрових двійників силових агрегатів, трансмісії та ходової частини автомобіля. Вміти визначати параметри, необхідні для моделювання їх роботи.	2
Практична робота №1. Створення цифрового двійника двигуна або трансмісії	ПРН 10, ПРН 16, ПРН 21. Вміти створювати цифрову модель двигуна або трансмісії, задавати вхідні параметри, аналізувати режими роботи та оцінювати технічний стан системи.	8
Самостійна робота №1. Дослідження цифрових двійників силових агрегатів світових виробників	ПРН 4, ПРН 20. Вміти аналізувати приклади цифрових двійників силових агрегатів і визначати їх роль у підвищенні якості, надійності та ефективності автомобільної техніки.	1

Лекція 2. Цифрові двійники технічного обслуговування та ремонту автомобілів	ПРН 7, ПРН 23, ПРН 25. Знати принципи використання цифрових двійників для організації технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Вміти визначати рішення щодо ТО і ремонту в умовах невизначеності.	2
Практична робота №2. Розроблення цифрової моделі технічного обслуговування автомобіля	ПРН 7, ПРН 23, ПРН 25. Вміти створювати цифрову модель процесу технічного обслуговування, визначати контрольні параметри, періодичність робіт і умови прийняття сервісних рішень.	8
Самостійна робота №2. Аналіз Predictive Maintenance у транспортній галузі	ПРН 7, ПРН 20. Вміти самостійно аналізувати підходи прогнозного технічного обслуговування та їх застосування в автомобільному транспорті.	1
Лекція 3. Прогнозування залишкового ресурсу автомобільних систем	ПРН 7, ПРН 16, ПРН 21. Знати методи прогнозування залишкового ресурсу автомобільних вузлів і систем. Вміти визначати показники, що характеризують технічний стан і ресурс.	2
Практична робота №3. Побудова моделі прогнозування ресурсу вузла автомобіля	ПРН 7, ПРН 16, ПРН 21. Вміти будувати модель прогнозування ресурсу вузла автомобіля, аналізувати зміну діагностичних параметрів і формувати висновки щодо залишкового ресурсу.	8
Самостійна робота №3. Аналіз методів оцінювання залишкового ресурсу	ПРН 16, ПРН 20. Вміти самостійно аналізувати методи оцінювання залишкового ресурсу автомобільних систем та визначати їх переваги й обмеження.	1
Лекція 4. Цифрові двійники виробничих процесів автомобільного транспорту	ПРН 10, ПРН 23, ПРН 25. Знати принципи створення цифрових двійників виробничих і сервісних процесів. Вміти застосовувати цифрові моделі для керування технологічними процесами.	2
Практична робота №4. Моделювання виробничого або сервісного процесу засобами цифрового двійника	ПРН 10, ПРН 23, ПРН 25. Вміти моделювати виробничий або сервісний процес, аналізувати його вузькі місця, продуктивність, безпеку та ефективність.	8
Самостійна робота №4. Огляд Industry 4.0 та Smart Factory	ПРН 4, ПРН 20. Вміти самостійно аналізувати концепції Industry 4.0, Smart Factory та їх зв'язок із цифровими двійниками автомобільного транспорту.	1
Лекція 5. Оптимізація конструкцій автомобільних систем за допомогою цифрових двійників	ПРН 15, ПРН 17, ПРН 21. Знати методи використання цифрових двійників для оптимізації конструкцій автомобільних систем. Вміти визначати критерії оптимальності з урахуванням якості, безпеки, енергоефективності, вартості та строків виконання.	2

Практична робота №5. Проведення цифрового експерименту з оптимізації конструкції	ПРН 15, ПРН 17, ПРН 21. Вміти проводити цифровий експеримент, змінювати параметри моделі, аналізувати результати та обґрунтовувати оптимальне конструктивне рішення.	8
Самостійна робота №5. Аналіз прикладів оптимізації конструкцій автомобілів	ПРН 15, ПРН 20. Вміти аналізувати приклади оптимізації конструкцій автомобільних систем із використанням цифрових моделей і комп'ютерних експериментів.	2
Лекція 6. Безпека, кібербезпека та правові аспекти використання цифрових двійників	ПРН 4, ПРН 26. Знати основні ризики використання цифрових двійників, вимоги технічної, інформаційної, екологічної та правової безпеки. Вміти враховувати принципи доброчесності та неприпустимості недоброчесних рішень.	2
Практична робота №6. Оцінювання ризиків використання цифрових двійників автомобілів	ПРН 7, ПРН 26. Вміти визначати технічні, інформаційні, екологічні та експлуатаційні ризики цифрового двійника, оцінювати їх наслідки та формувати заходи зниження ризиків.	8
Самостійна робота №6. Вивчення нормативно-правових документів щодо цифрових технологій	ПРН 4, ПРН 26. Вміти самостійно аналізувати нормативно-правові вимоги щодо використання цифрових технологій, даних, безпеки та ризиків у транспортній галузі.	2
Лекція 7. Інтелектуальні транспортні системи та цифрові двійники мобільності	ПРН 4, ПРН 9, ПРН 17. Знати принципи використання цифрових двійників у Smart City, Connected Vehicle та інтелектуальних транспортних системах. Вміти визначати перспективні напрями застосування цифрових технологій мобільності.	2
Практична робота №7. Розроблення концепції цифрового двійника транспортної системи	ПРН 9, ПРН 17, ПРН 25. Вміти розробляти концепцію цифрового двійника транспортної системи, визначати її складові, джерела даних, функції та очікувані результати впровадження.	8
Самостійна робота №7. Огляд Smart City та Connected Vehicle	ПРН 9, ПРН 17, ПРН 20. Вміти самостійно аналізувати технології Smart City, Connected Vehicle та їх значення для розвитку автомобільного транспорту.	2
Лекція 8. Перспективи розвитку цифрових двійників у автомобільному транспорті	ПРН 9, ПРН 17, ПРН 20. Знати сучасні напрями розвитку цифрових двійників, прогнозованої аналітики, штучного інтелекту та цифрового управління життєвим циклом транспортних засобів.	2
Практична робота №8. Комплексне виконання індивідуального проєкту «Цифровий двійник автомобільної системи»	ПРН 2, ПРН 7, ПРН 9, ПРН 10, ПРН 15, ПРН 21, ПРН 25. Вміти комплексно створювати цифровий двійник автомобільної системи, інтегрувати модель із даними, виконувати аналіз, прогнозування та обґрунтування інженерного рішення.	16

Самостійна робота №8. Підготовка презентації та аналітичного звіту за результатами проєкту	ПРН 20, ПРН 24, ПРН 26. Вміти систематизувати результати проєкту, виконувати техніко-економічне обґрунтування, формулювати висновки та рекомендації з урахуванням вимог безпеки і доброчесності.	2
Всього за модулем 2		100
Навчальна робота		$(M1 + M2)/2 * 0,7 \leq 70$
Екзамен		30
Разом за курс		$(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100$

8.2 Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3 Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перекладання	роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перекладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності	списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Курсові роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування	відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

9. Навчально-методичне забезпечення:

- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти;

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Fuller A., Fan Z., Day C., Barlow C. Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. Springer, 2023. ISBN 978-3031360800.
2. Boschert S., Rosen R. (Eds.). Digital Twin Development and Deployment on the Cloud: Developing Cloud-Friendly Dynamic Models Using Simulink® and Modelica®. Springer, 2023. ISBN 978-3031208621.
3. Madni A. M., Sievers M. (Eds.). Handbook of Model-Based Systems Engineering. 2nd ed. CRC Press, 2022. ISBN 978-1138496484.
4. Borky J. M., Bradley T. H. Effective Model-Based Systems Engineering. Springer, 2019. ISBN 978-3319956688.
5. Stark J. Product Lifecycle Management (Volume 1): 21st Century Paradigm for Product Realisation. 4th ed. Springer, 2022. ISBN 978-3030628048.

6. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. Springer, 2017. ISBN 978-3319387703.
7. Guzzella L., Sciarretta A. Vehicle Propulsion Systems: Introduction to Modeling and Optimization. 4th ed. Springer, 2021. ISBN 978-3662627730.
8. Rajamani R. Vehicle Dynamics and Control. 3rd ed. Springer, 2022. ISBN 978-3031046162.
9. Gillespie T. D., Gillespie W. R. Fundamentals of Vehicle Dynamics. 2nd ed. SAE International, 2021. ISBN 978-1468601763.
10. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.-H. Engineering Design: A Systematic Approach. 4th ed. Springer, 2023. ISBN 978-3031358845.
11. Karnopp D. C., Margolis D. L., Rosenberg R. C. System Dynamics: Modeling, Simulation, and Control of Mechatronic Systems. 6th ed. Wiley, 2024. ISBN 978-1119723455.
12. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th Global ed. Pearson, 2021. ISBN 978-0134610993.

Додаткова література

1. Lee J., Davari H., Singh J., Pandhare V. Industrial AI: Applications with Sustainable Performance. Springer, 2020. ISBN 978-9813294493.
2. He B., Bai K. Digital Twin-Based Smart Manufacturing. Academic Press (Elsevier), 2020. ISBN 978-0128215500.
3. Tao F., Zhang M., Liu Y., Nee A. Y. C. Digital Twin Driven Smart Manufacturing. Academic Press (Elsevier), 2019. ISBN 978-0128176306.
4. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 13th ed. Wiley, 2022. ISBN 978-1119805373.
5. Maurer M., Gerdes J. C., Lenz B., Winner H. (Eds.). Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects. 2nd ed. Springer Vieweg, 2022. ISBN 978-3662488478.
6. ISO 23247-1:2021. Automation systems and integration — Digital Twin Framework for Manufacturing. ISO, 2021 (нормативне джерело для архітектури цифрових двійників).