

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни  
**«Мехатронні системи  
автомобільних транспортних засобів»**  
та виконання контрольних завдань,  
для студентів спеціальності  
G 11.05 «Транспортні засоби»,  
усіх форм навчання

2025

Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби», усіх форм навчання / Укл. : О. М. Артюх. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. 122 с.

Укладачі: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;

Рецензент: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук

Відповідальний за випуск: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук

Затверджено  
на засіданні кафедри «Автомобілі,  
теплові двигуни та гібридні  
енергетичні установки»  
Протокол № 1  
від « 29 » серпня 2025.

Рекомендовано для видання  
НМК Транспортного факультету

Протокол № 1  
від « 11 » вересня 2025.

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1 Робоча програма дисципліни .....	6
2 Методичні вказівки.....	12
2.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни.....	12
2.2 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни ....	13
2.2.1 Тема 1. Вступ до мехатронних систем АТЗ .....	14
2.2.2 Тема 2. Архітектура мехатронних систем.....	24
2.2.3 Тема 3. Датчики в мехатронних системах АТЗ.....	31
2.2.4 Тема 4. Виконавчі механізми та приводи.....	36
2.2.5 Тема 5. Системи керування та ПЛК .....	41
2.2.6 Тема 6. Силова електроніка в мехатроніці АТЗ .....	45
2.2.7 Тема 7. Зв'язок та протоколи передачі даних .....	50
2.2.8 Тема 8. Автоматизовані системи допомоги водієві (ADAS) .....	55
2.2.9 Тема 9. Автономні транспортні засоби та штучний інтелект.....	61
2.2.10 Тема 10. Гібридні та електричні силові установки .....	67
2.2.11 Тема 11. Вбудовані системи та інтернет речей (IoT) в АТЗ .....	73
2.2.12 Тема 12. Моделювання та віртуальні випробування мехатронних систем.....	80
2.2.13 Тема 13. Діагностика та технічне обслуговування мехатронних систем.....	86
2.2.14 Тема 14. Надійність та безпека мехатронних систем АТЗ.....	92
2.2.15 Тема 15. Практичне впровадження та оцінка ефективності.....	98
2.2.16 Тема 16. Мехатронні технології в підготовчівиробництва та експлуатації автотранспортних засобів .....	104
3 Завдання на контрольні роботи .....	110
3.1 Список варіантів контрольних робіт .....	111
4 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни .....	118
5 Рекомендована література .....	119
Базова .....	119
Допоміжна .....	119
Інформаційні ресурси.....	121

## ВСТУП

Курс «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» є сучасною, багатопрофільною навчальною програмою, що створена для глибокого ознайомлення студентів магістратури з інноваційними технологіями, які є основоположними для автомобільної індустрії нового покоління.

Ця дисципліна відповідає актуальним викликам транспортного машинобудування, зокрема вимогам щодо підвищення ефективності, безпеки, екологічності та рівня автоматизації транспортних засобів. Завдяки цій програмі студенти отримують ґрунтовні теоретичні знання, а також розвивають практичні навички, що дозволяє їм не просто розуміти, а й активно брати участь у впровадженні інноваційних рішень в науковій та індустріальній практиці. Курс пропонує повний огляд усіх аспектів мехатроніки в автомобілебудуванні, починаючи від фундаментальних принципів і закінчуючи найновішими розробками та перспективними технологіями.

У рамках цього курсу майбутні фахівці занурюються у світ, де механіка, електроніка, інформаційні технології та системи керування є нерозривно пов'язаними. Вони аналізують архітектуру мехатронних систем, вивчаючи взаємодію ключових компонентів, таких як датчики, виконавчі механізми та контролери. Особлива увага приділяється принципам роботи різноманітних датчиків, що є «очима» та «органами чуття» автомобіля, і які відповідають за збір даних про його рух, стан двигуна, навколишнє середовище та інші параметри.

Студенти розглядають датчики положення, швидкості, прискорення, температури, тиску, а також інтелектуальні системи, які здатні аналізувати складну інформацію. Паралельно вивчаються виконавчі механізми – «м'язи» системи, що виконують команди, такі як електромеханічні, пневматичні та гідравлічні приводи, які керують такими елементами, як гальмівні системи, системи рульового управління та елементи двигуна. Цей комплексний підхід до вивчення компонентів дозволяє сформуванню цілісного уявлення про те, як автомобіль перетворюється з механічного пристрою на високотехнологічну інтелектуальну платформу.

Курс не обмежується лише базовими елементами, а переходить до розгляду більш складних, багатокомпонентних систем. Одним із ключових розділів є вивчення силової електроніки, яка відіграє кри-

тичну роль у сучасних гібридних та електричних транспортних засобах. Студенти аналізують роботу перетворювачів, інверторів та інших компонентів, що забезпечують ефективне керування електроприводами.

Глибоко досліджуються гібридні та електричні силові установки, технології рекуперативного гальмування та особливості управління акумуляторними батареями, що є вкрай важливим в умовах зростаючого ринку електромобілів. Крім того, курс охоплює основи вбудованих систем та концепції Інтернету речей (IoT) у транспорті, що дозволяє студентам зрозуміти, як автомобіль може взаємодіяти з зовнішнім світом, хмарними сервісами та іншими пристроями.

Розглядаються питання кібербезпеки та захисту даних, що є критично важливими в епоху повсюдної цифровізації. Особливу увагу приділено протоколам передачі даних, таким як CAN, LIN та FlexRay, які є «нервовою системою» сучасного автомобіля, забезпечуючи зв'язок між усіма його електронними блоками.

Однією з найцікавіших і найактуальніших тем, що розглядаються в курсі, є автоматизовані системи допомоги водієві (ADAS) та автономні транспортні засоби. Студенти мають унікальну можливість проаналізувати принципи роботи таких систем, як адаптивний круїз-контроль, система утримання в смузі, автоматичне екстрене гальмування та багато інших, які кардинально змінюють підхід до безпеки на дорозі. Курс знайомить з використанням камер, радарів та лідарів у цих системах, а також з алгоритмами штучного інтелекту, що дозволяють автомобілю «бачити» та «сприймати» навколишнє середовище.

Важливою складовою навчання є не лише теоретичний матеріал, а й розвиток практичних навичок. Курс передбачає вивчення методів моделювання та симуляції мехатронних систем за допомогою сучасного програмного забезпечення, зокрема MATLAB/Simulink та CarSim. Студенти отримують навички створення віртуальних моделей та проведення віртуальних випробувань, що значно скорочує час та витрати на розробку.

Також вивчаються основи діагностики мехатронних систем, включаючи використання бортових систем самодіагностики (OBD-II, UDS) та сучасних методів прогнозування аналітики, що базуються на машинному навчанні. Ці знання є вкрай важливими для майбутніх інженерів, оскільки вони дозволяють не лише проектувати, а й ефективно обслуговувати та ремонтувати складні системи.

## **1 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ**

Наведені назви змістових модулів та найменування тем дисципліни для самостійного вивчення. Навчальним планом дисципліни, для самостійного вивчення тем лекцій, передбачено час для студентів денної форми навчання – 72 годин, заочної – 108 годин.

Далі для кожної теми вказано час самостійної роботи студентів денної форми навчання. Також наведений перелік питань, які повинні бути самостійно розглянуті студентом при вивченні обраної теми.

**Змістовий модуль 1.** Основи та компоненти мехатронних систем автотранспортних засобів

### **Тема 1. Вступ до мехатронних систем АТЗ**

#### **План лекції.**

1. Поняття мехатроніки та її роль в автотранспортних засобах.
2. Історія розвитку мехатронних систем у автомобільній галузі.
3. Структура курсу та його практичне значення.
4. Основні напрямки розвитку мехатроніки.
5. Мехатронні системи в легкових і комерційних автомобілях.
6. Виклики та перспективи впровадження мехатроніки в АТЗ.
7. Взаємозв'язок мехатроніки з іншими інженерними дисциплінами.
8. Економічні та екологічні аспекти мехатронних систем у транспорті.

### **Тема 2. Архітектура мехатронних систем**

#### **План лекції.**

1. Основні компоненти мехатронних систем (датчики, виконавчі механізми, контролери).
2. Взаємодія між механічними, електричними та програмними підсистемами.
3. Багаторівнева архітектура мехатронних систем.
4. Основні принципи побудови мехатронних систем.
5. Системи керування в реальному часі.

6. Надійність та відмовостійкість мехатронних систем.
7. Моделювання та симуляція мехатронних систем.
8. Вплив цифрових технологій на розвиток мехатронних систем.

### **Тема 3. Датчики в мехатронних системах АТЗ**

#### **План лекції.**

1. Класифікація датчиків.
2. Принципи роботи та застосування датчиків положення, швидкості, прискорення.
3. Датчики температури, тиску та сили.
4. Оптичні та ультразвукові датчики.
5. Інтелектуальні датчики та їх застосування.
6. Критерії вибору датчиків для мехатронних систем..
7. Технології бездротового зв'язку в датчиках.
8. Методи калібрування та тестування датчиків.

### **Тема 4. Виконавчі механізми та приводи**

#### **План лекції.**

1. Електромеханічні, пневматичні та гідравлічні приводи.
2. Особливості керування виконавчими механізмами.
3. Сучасні типи електроприводів у транспортних засобах.
4. Вплив мехатронних приводів на енергоефективність.
5. Методи оптимізації роботи виконавчих механізмів.
6. Інтелектуальні системи керування приводами.
7. Компактність та легкість приводних систем.
8. Надійність та діагностика виконавчих механізмів.

### **Тема 5. Системи керування та ПЛК**

#### **План лекції.**

1. Програмовані логічні контролери (ПЛК).
2. Інтеграція ПЛК у мехатронні системи автомобілів.
3. Архітектура систем керування мехатронних систем.
4. Мікроконтролери та їх застосування.
5. Методи програмування ПЛК.
6. Системи зворотного зв'язку у мехатронних системах.
7. Алгоритми керування в мехатронних системах.

8. Тестування та верифікація керуючих програм.

## **Тема 6. Силова електроніка в мехатроніці АТЗ**

### **План лекції.**

1. Основи сигової електроніки.
2. Перетворювачі та їх роль у живленні виконавчих механізмів.
3. Інвертори та їх застосування.
4. Бортові енергетичні системи.
5. Методи покращення ефективності силових електронних систем.
6. Надійність і безпека силових електронних систем.
7. Використання сигової електроніки у гібридних та електромобілях.
8. Перспективи розвитку сигової електроніки у мехатронних системах.

## **Тема 7. Зв'язок та протоколи передачі даних**

### **План лекції.**

1. CAN, LIN, FlexRay – основні шини зв'язку в автомобілі.
2. Архітектура електронних систем сучасних автомобілів.
3. Протоколи зв'язку та їх роль у мехатронних системах.
4. Вплив протоколів на швидкодію систем.
5. Методи забезпечення кібербезпеки.
6. Інтеграція мехатронних систем у мережу автомобіля.
7. Взаємодія мехатронних систем із зовнішнім середовищем.
8. Використання бездротових технологій у транспортних системах.

## **Тема 8. Автоматизовані системи допомоги водієві (ADAS)**

### **План лекції.**

1. Основи систем ADAS та їх роль у підвищенні безпеки.
2. Камери, радари, лідари та їх застосування в ADAS.
3. Інтелектуальні алгоритми обробки даних сенсорів.
4. Автоматичне екстрене гальмування (АЕВ).
5. Системи утримання в смузі (LKA) та адаптивний круїз-контроль (ACC).

6. Паркувальні асистенти та автоматичне паркування.
7. Виклики та обмеження впровадження ADAS у сучасних АТЗ.
8. Перспективи розвитку ADAS у контексті автономного транспорту.

**Змістовий модуль 2.** Практичне впровадження та оптимізація мехатронних систем у виробництві та експлуатації

### **Тема 9. Автономні транспортні засоби та штучний інтелект**

#### **План лекції.**

1. Рівні автономності транспортних засобів за SAE.
2. Основні алгоритми штучного інтелекту для автономного водіння.
3. Системи комп'ютерного зору та нейронні мережі.
4. Карти високої точності та навігаційні технології.
5. Зв'язок між автономними транспортними засобами та інфраструктурою (V2X).
6. Етичні та правові аспекти автономного транспорту.
7. Виклики впровадження автономних транспортних засобів у міському середовищі.
8. Перспективи розвитку автономних транспортних систем.

### **Тема 10. Гібридні та електричні силові установки**

#### **План лекції.**

1. Основні типи гібридних та електричних силових установок.
2. Взаємодія мехатронних систем з електроприводами.
3. Системи керування енергоефективністю.
4. Технології рекуперативного гальмування.
5. Інтеграція акумуляторних систем та їх керування.
6. Особливості мехатронних рішень у водневих автомобілях.
7. Системи термоконтролю акумуляторних батарей.
8. Виклики та перспективи розвитку електромобільності.

### **Тема 11. Вбудовані системи та інтернет речей (IoT) в АТЗ**

#### **План лекції.**

1. Основи вбудованих систем у транспортних засобах.

2. Операційні системи реального часу (RTOS) для мехатроніки.
3. Програмно-апаратні платформи для автомобільних систем.
4. Взаємодія мехатронних систем із хмарними сервісами.
5. Інтернет речей (IoT) у транспорті: можливості та виклики.
6. Технології віддаленого моніторингу та діагностики.
7. Проблеми безпеки даних та захист від кібератак.
8. Перспективи розвитку IoT у транспортній галузі.

## **Тема 12. Моделювання та віртуальні випробування мехатронних систем**

### **План лекції.**

1. Основні методи комп'ютерного моделювання мехатронних систем.
2. Використання MATLAB/Simulink для аналізу динаміки систем.
3. Віртуальні стенди для тестування мехатронних компонентів.
4. Цифрові двійники та їх роль у розробці мехатронних систем.
5. Чисельні методи оптимізації мехатронних систем.
6. Випробування систем у віртуальному середовищі.
7. Валідація та верифікація моделей мехатронних систем.
8. Вплив віртуального моделювання на скорочення часу розробки.

## **Тема 13. Діагностика та технічне обслуговування мехатронних систем**

### **План лекції.**

1. Методи діагностики мехатронних систем транспортних засобів.
2. Бортові системи самодіагностики (OBD-II, UDS).
3. Використання штучного інтелекту в системах технічного обслуговування.
4. Вібраційна діагностика та аналіз акустичних сигналів.
5. Діагностичні сканери та їх застосування.
6. Алгоритми прогнозу аналітики для технічного обслуговування.
7. Програмне забезпечення для моніторингу стану мехатронних систем.

систем.

8. Вплив діагностики на зниження експлуатаційних витрат.

## **Тема 14. Надійність та безпека мехатронних систем АТЗ**

### **План лекції.**

1. Основні фактори, що впливають на надійність мехатронних систем.
2. Аналіз відмов та методи підвищення безвідмовності.
3. Проектування мехатронних систем з урахуванням безпеки.
4. Захист від несанкціонованого втручання та кібератак.
5. Функціональна безпека згідно з ISO 26262.
6. Методи тестування та сертифікації мехатронних систем.
7. Резервування та дублювання в критичних системах.
8. Стандарти та нормативи в області безпеки мехатронних систем.

## **Тема 15. Практичне впровадження та оцінка ефективності**

### **План лекції.**

1. Кейс-стаді: впровадження мехатронних рішень в автомобілебудуванні.
2. Методи оцінки ефективності мехатронних систем АТЗ.
3. Аналіз ринку мехатронних технологій.
4. Вплив мехатронних систем на загальну продуктивність АТЗ.
5. Економічна доцільність впровадження мехатроніки.
6. Перспективи розвитку мехатронних систем у транспортній галузі.
7. Аналіз екологічних аспектів впровадження мехатронних систем.
8. Розгляд новітніх трендів та інновацій у мехатроніці.

## **Тема 16. Мехатронні технології в підготовці виробництва та експлуатації автотранспортних засобів**

### **План лекції.**

1. Основні принципи мехатронної автоматизації підготовки виробництва на автомобільному заводі.
2. Організація технологічних процесів для інтеграції мехатрон-

- них систем у серійне виробництво.
3. Використання цифрових двійників для моделювання підготовки виробництва мехатронних компонентів.
  4. Оптимізація виробничих процесів з застосуванням AI та IoT для мехатронних систем.
  5. Методи забезпечення сервісного обслуговування мехатронних систем для підвищення надійності.
  6. Стратегії прогнозування аналітики в експлуатації для забезпечення довговічності автотранспортних засобів.
  7. Економічна оцінка ефективності мехатронних рішень протягом життєвого циклу продукту.
  8. Впровадження екологічних принципів у розробку та експлуатацію мехатронних систем.

## **2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

### **2.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни**

Курс «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» є не просто набором лекцій, а цілісною освітньою програмою, яка сприяє формуванню цілісного та системного мислення. Кожна наступна тема логічно розвиває попередню, забезпечуючи послідовне та повне засвоєння матеріалу. Це дає змогу студентам не просто запам'ятати інформацію, а й глибоко зрозуміти взаємозв'язки між різними компонентами та процесами.

Курс спрямований на розвиток навичок критичного мислення, вміння працювати з технічною документацією та аналізувати складні інженерні задачі. Вивчення цієї дисципліни є важливим кроком на шляху до здобуття сучасної інженерної професії, яка вимагає міждисциплінарних знань та готовності до постійного навчання в умовах стрімкого технологічного прогресу.

Він готує студентів до успішної роботи в індустрії, де вони зможуть створювати, аналізувати та вдосконалювати мехатронні системи, сприяючи розвитку інноваційного автомобілебудування. Це ідеальний вибір для тих, хто прагне бути на вістрі технологій та брати участь у формуванні майбутнього транспорту.

**Метою курсу** «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» є формування у студентів глибоких знань та практичних

навичок у сфері сучасних інноваційних технологій автомобілебудування. Курс спрямований на розуміння принципів побудови та функціонування мехатронних систем, інтеграцію механіки, електроніки, інформаційних технологій і систем керування. Він покликаний підготувати фахівців, здатних проектувати, аналізувати, діагностувати та впроваджувати інтелектуальні рішення для підвищення ефективності, безпеки та екологічності транспортних засобів нового покоління.

## **2.2 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни**

Викладання дисципліни передбачає наступні форми організації навчального процесу: лекції, практичні заняття, самостійну роботу студента, консультації. Робота на практичних заняттях передбачає активну участь студента в освоєнні поставлених завдань. Для підготовки до занять рекомендується звертати увагу на проблемні питання, що піднімаються викладачем під час лекції, і групувати інформацію навколо них. Бажано виділяти у використовуваній літературі постановки питань, на які різними авторами можуть бути дані різні оцінки. На підставі постановки таких питань слід обирати аргументи на користь різних варіантів вирішення поставлених проблем.

***У текстах авторів, таким чином, слід виділяти наступні компоненти:***

- постановка проблеми;
- варіанти рішень;
- аргументи на користь тих або інших варіантів рішень.

На основі виділення цих елементів простіше становити власну аргументовану позицію по розглянутому питанню. При роботі з невідомими термінами необхідно звертатися до словників, у тому числі доступних в Інтернеті.

***При написанні рефератів (контрольних робіт),*** у матеріалі слід виділити невелику кількість (не більш 5) проблем, що зацікавили Вас, і згрупувати матеріал навколо них. Слід домагатися чіткого розмежування окремих проблем і виділення їх часткових моментів.

***При підготовці до лабораторних занять*** Вам може знадобитися матеріал, що вивчався раніше, тому варто звертатися до відповідних джерел (підручників, монографій, статей). Письмова домашня ро-

бота й завдання можуть бути індивідуальними й загальними.

**При підготовці до іспиту** необхідно опиратися насамперед на лекційні заняття, а також на джерела, які розбиралися на заняттях протягом семестру.

**Самостійна робота студента** виконується за завданням і при методичному керівництві викладача, але без його особистої участі. Самостійна робота підрозділяється на самостійну роботу на аудиторних заняттях і на позааудиторну самостійну роботу.

Самостійна робота студента включає як повністю самостійне освоєння окремих тем (розділів) дисципліни, так і пророблення тем (розділів), освоюваних під час аудиторної роботи. Під час самостійної роботи, студенти читають і конспектують навчальну, наукову й довідкову літературу, виконують завдання, спрямовані на закріплення знань і відпрацьовування вмій і навичок, готуються до поточного й проміжного контролю по дисципліні. При вивченні тем курсу наведених нижче, студентові необхідно повторити лекційний навчальний матеріал, вивчити рекомендовану літературу, а також навчальний матеріал, наявний в зазначених інформаційних ресурсах.

На завершальному етапі вивчення кожного модуля необхідно, скориставшись запропонованими питаннями для самоконтролю, перевірити якість засвоєння навчального матеріалу. У випадку утруднення у відповідях на поставлені питання рекомендується повторити навчальний матеріал. Після вивчення всіх модулів приступити до виконання контрольної роботи, керуючись методичними рекомендаціями з її виконання. По завершенню вивчення навчальної дисципліни в семестрі студент зобов'язаний пройти проміжну атестацію. Вид проміжної атестації визначається робочим навчальним планом. До проміжної атестації допускаються студенти, що виконали вимоги робочого навчального плану.

## **2.2.1 Тема 1. Вступ до мехатронних систем АТЗ**

### **1. Поняття мехатроніки та її роль в автотранспортних засобах.**

При вивченні поняття мехатроніки та її ролі в автотранспортних засобах рекомендується спочатку ознайомитися з базовим визначенням мехатроніки як інтегральної дисципліни, що поєднує механіку,

електроніку, гідравліку та програмне забезпечення для створення інтелектуальних систем керування. У дистанційному форматі навчання варто скористатися відкритими ресурсами інтернету, такими як освітні платформи з технічними матеріалами, де можна знайти ілюстрації та схеми, що пояснюють, як мехатроніка перетворює традиційні механічні вузли автомобіля на адаптивні системи. Зверніть увагу на ключові компоненти: сенсори для збору даних про стан транспортного засобу, актуатори для виконання команд, мікроконтролери для обробки сигналів та алгоритми керування, які забезпечують синхронізацію цих елементів. Наприклад, у пошукових системах введіть запити на кшталт «mechatronics fundamentals in vehicles» або «роль мехатроніки в автомобільних системах», щоб отримати доступ до безкоштовних статей та відео, де детально розбираються принципи інтеграції цих технологій.

Далі, при самостійному опрацюванні, зосередьтеся на ролі мехатроніки в підвищенні безпеки та ефективності автотранспортних засобів. Шукайте в відкритому доступі описи, як мехатронні системи дозволяють реагувати на зміни умов руху в реальному часі, наприклад, через електронні системи стабілізації, що комбінують механічні гальма з електронним розподілом зусиль. Рекомендується переглянути онлайн-ресурси з анімаціями, які демонструють роботу таких систем, як ABS (антиблокувальна система гальм), де мехатроніка інтегрує датчики швидкості коліс з гідравлічними клапанами для запобігання блокуванню. Уникаючи складних розрахунків, просто проаналізуйте, як ця інтеграція зменшує ризик аварій на слизьких дорогах, фіксуючи ключові технологічні аспекти: алгоритми PID-регулювання для точного контролю тиску в гальмівних контурах. Для глибшого розуміння ролі в комфорті пасажирів зверніть увагу на адаптивні підвіски, де мехатроніка використовує акселерометри для динамічного налаштування жорсткості амортизаторів залежно від навантаження та швидкості, що можна знайти в безкоштовних технічних довідниках онлайн.

Не забувайте про економічний аспект ролі мехатроніки в автотранспортних засобах: шукайте матеріали про те, як інтеграція електроніки з механікою знижує витрати на паливо за рахунок оптимізованих систем впорскування палива. У дистанційному режимі ефективно використовувати відеоуроки, де пояснюється робота мехатронних модулів у двигунах внутрішнього згоряння, таких як електронні блоки керування (ECU), що регулюють момент запалювання та подачу

палива на основі даних від лямбда-зондів. Зверніть увагу на технологічні рішення, як мехатроніка дозволяє впроваджувати рекуперативне гальмування в гібридних автомобілях, перетворюючи кінетичну енергію на електричну через генератори, інтегровані з механічною трансмісією. Для практичного засвоєння рекомендую переглядати схеми підключення цих систем у відкритих базах даних, фіксуючи, як сенсори температури та тиску забезпечують безперебійну роботу. Крім того, при вивченні ролі в комерційних транспортних засобах, таких як вантажівки, зосередьтеся на мехатронних системах допомоги водію (ADAS), де камери та радарні сенсори комбінуються з механічними сервоприводами для автоматичного утримання смуги руху, що зменшує втому водія на довгих маршрутах.

Щоб закріпити знання, у процесі пошуку інформації в інтернеті зверніть увагу на еволюцію мехатроніки від простих реле до складних нейронних мереж у сучасних автомобілях, але без заглиблення в програмування – просто опишіть для себе, як це впливає на динаміку руху. Наприклад, у системах круїз-контролю мехатроніка інтегрує GPS-дані з електронним дроселем для підтримання постійної швидкості, адаптуючись до рельєфу. Шукайте ілюстрації таких конструкцій у технічних форумах або освітніх сайтах, щоб візуалізувати роль мехатроніки в інтеграції з телематикою для моніторингу стану транспортного засобу в реальному часі. Загалом, при самостійному вивченні акцентуйте на практичних прикладах: як мехатронні системи в електромобілях керують інверторами для перетворення постійного струму на змінний, забезпечуючи обертання електродвигунів, що можна знайти в безкоштовних PDF-матеріалах з автотехніки. Таким чином, фокус на технологічних аспектах допоможе зрозуміти, чому мехатроніка є основою сучасних автотранспортних засобів, підвищуючи їх надійність і адаптивність без потреби в лабораторних експериментах.

## **2. Історія розвитку мехатронних систем у автомобільній галузі**

При опрацюванні теми, присвяченої історії розвитку мехатронних систем у автомобільній галузі, студентам у дистанційному форматі навчання рекомендується зосередитися на пошуку інформації у відкритих джерелах, що описують етапи еволюції технологій від простих механічних вузлів до складних інтегрованих систем. Почніть із

вивчення ранніх етапів, коли автомобільна галузь використовувала базові електромеханічні компоненти. У пошукових системах введіть запити типу «history of automotive mechatronics» або «evolution of vehicle control systems», щоб знайти статті, які пояснюють, як у 1960-х роках з'явилися перші електронні системи, наприклад, транзисторні регулятори напруги в генераторах. Зверніть увагу на схеми таких пристроїв, доступні в технічних архівах онлайн, щоб зрозуміти, як електромеханічні реле поступово замінювалися електронними модулями для підвищення надійності.

Далі, досліджуйте перехідний період 1970-х – 1980-х років, коли мехатроніка почала формуватися як окрема дисципліна. У цей час з'явилися перші системи електронного впорскування палива, які замінили карбюратори. Шукайте в інтернеті матеріали про Bosch Jetronic – одну з перших систем, де механічні насоси поєднувалися з електронними датчиками тиску та температури повітря для точного дозування палива. У відкритих джерелах, таких як технічні форуми чи освітні платформи, можна знайти анімації, що демонструють, як ці системи оптимізували роботу двигунів, зменшуючи витрати палива. Зверніть увагу на те, як у 1980-х роках почали впроваджувати антиблокувальні гальмівні системи (ABS), де мехатроніка інтегрувала гідравлічні клапани з електронними контролерами для модуляції гальмівного тиску. Для цього шукайте відеоуроки, які розбирають принципи роботи ABS, щоб зрозуміти, як датчики швидкості коліс передають дані до мікропроцесорів.

Наступним етапом для вивчення є 1990-ті роки, коли мехатронні системи стали основою для підвищення безпеки та комфорту. У дистанційному режимі ефективно використовувати безкоштовні PDF-документи з технічних сайтів, де описано впровадження систем стабілізації (ESP), які комбінували акселерометри, гіроскопи та гідравлічні актуатори для запобігання заносу автомобіля. Зверніть увагу на те, як ці системи використовували алгоритми реального часу для аналізу даних від сенсорів, що можна знайти в технічних оглядах. Наприклад, шукайте матеріали про те, як ESP координує роботу гальм і дросельної заслінки для стабілізації траєкторії руху. Уникайте складних математичних викладок, але зафіксуйте, як мікроконтролери стали ключовими для обробки великих обсягів даних.

У 2000-х роках мехатроніка в автомобільній галузі зробила стрибок завдяки гібридним і електричним транспортним засобам. Для

самостійного вивчення шукайте статті про системи рекуперативного гальмування, де механічні гальма інтегруються з електродвигунами, що працюють як генератори. У відкритих джерелах, таких як YouTube-канали з автотехніки, можна знайти розбір роботи гібридних систем, наприклад, Toyota Prius, де мехатроніка керує розподілом енергії між двигуном і батареєю. Зосередьтеся на технологічних аспектах: як інвертори перетворюють постійний струм на змінний для електродвигунів, використовуючи сигнали від датчиків струму. Також зверніть увагу на системи керування трансмісією, такі як автоматичні коробки передач з електронним керуванням, де гідравлічні муфти синхронізуються з мікроконтролерами для плавного перемикання передач.

Для закріплення знань досліджуйте сучасний етап розвитку (2010-ті – 2020-ті роки), коли мехатроніка стала основою автономного водіння. У пошукових запитах використовуйте терміни на кшталт «mechatronics in autonomous vehicles» для доступу до матеріалів про системи ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Зверніть увагу на інтеграцію радарів, лідарів і камер з механічними приводами рульового управління та гальм, що дозволяє автомобілям самостійно утримувати смугу чи паркуватися. Шукайте схеми таких систем у відкритих базах даних, щоб зрозуміти, як сенсори передають дані до центральних обчислювальних блоків. Нарешті, аналізуйте, як мехатроніка сприяла електрифікації транспорту, зокрема в системах керування батареями (BMS), де датчики температури та напруги забезпечують безпечну зарядку. Ці матеріали доступні в технічних блогах і на сайтах автовиробників, де пояснюється, як мехатроніка оптимізує енергоефективність. Таким чином, систематичний пошук технічних ілюстрацій і відео допоможе зрозуміти еволюцію мехатронних систем без необхідності лабораторних досліджень.

### **3. Структура курсу та його практичне значення**

При опрацюванні питання, присвяченого структурі курсу та його практичного значення, студентам у дистанційному форматі навчання рекомендується зосередитися на пошуку інформації у відкритих джерелах, що розкривають зміст і мету курсів із мехатроніки в автотранспортній галузі. Почніть із вивчення загальних навчальних планів, доступних на освітніх платформах, використовуючи запити типу «mechatronics course structure automotive» або «automotive

mechatronics syllabus». Зверніть увагу на те, як курс зазвичай поділяється на теоретичні та практичні модулі, де теорія охоплює принципи роботи сенсорів, актуаторів і мікроконтролерів, а практика – їх застосування в системах автомобіля, наприклад, у керуванні двигуном чи гальмами. Шукайте PDF-файли з описом курсів, щоб зрозуміти, як лекції поєднуються з лабораторними завданнями, навіть якщо останні недоступні онлайн.

Для розуміння практичного значення зверніть увагу на приклади застосування мехатроніки в реальних автотранспортних засобах. У відкритих джерелах, таких як технічні блоги чи YouTube-канали, шукайте матеріали про системи автоматичного паркування, де мехатроніка інтегрує ультразвукові датчики з електроприводами рульового управління. Аналізуйте, як знання курсу допомагають інженерам розробляти системи ADAS, що підвищують безпеку водіння. Наприклад, шукайте відео, які демонструють роботу адаптивного круїз-контролю, де мехатронні модулі синхронізують дані радарів із дросельною заслінкою. Зосередьтеся на технологічних аспектах, таких як алгоритми обробки сигналів від сенсорів, доступні в технічних статтях. Це допоможе зрозуміти, як курс готує до вирішення реальних інженерних завдань.

Додатково, у процесі пошуку інформації, зверніть увагу на зв'язок курсу з кар'єрними можливостями. Шукайте статті про попит на фахівців із мехатроніки в автомобільній промисловості, щоб усвідомити, як знання курсу застосовуються в розробці електромобілів чи автономних систем. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як курс формує навички аналізу даних від датчиків для оптимізації роботи транспортних засобів.

#### **4. Основні напрямки розвитку мехатроніки**

При вивченні питання основних напрямків розвитку мехатроніки в дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, щоб дослідити сучасні тенденції в автотранспортній галузі. Використовуйте пошукові запити типу «trends in automotive mechatronics» або «future of mechatronics in vehicles» для доступу до статей і відео, що описують ключові напрямки, такі як електрифікація, автономне водіння та інтеграція штучного інтелекту. Зосередьтеся на технологіях електромобілів, де мехатроніка керує системами управління батареями (BMS), використовуючи датчики температури та

напруги для оптимізації зарядки. Шукайте схеми таких систем у технічних блогах, щоб зрозуміти, як мікроконтролери обробляють дані для підвищення енергоефективності.

Далі, зверніть увагу на розвиток автономних систем. У відкритих джерелах, таких як YouTube-канали з автотехніки, шукайте матеріали про ADAS, де мехатроніка інтегрує лідари, радары та камери з електромеханічними приводами для автоматичного гальмування чи утримання смуги. Аналізуйте, як алгоритми обробки зображень синхронізуються з актуаторами, щоб забезпечити безпеку. Наприклад, шукайте анімації роботи систем розпізнавання пішоходів, щоб зрозуміти роль сенсорів у реальному часі. Також досліджуйте напрямки зв'язності транспортних засобів (V2X), де мехатроніка забезпечує обмін даними між автомобілями через датчики та телематичні модулі. Шукайте PDF-документи про стандарти V2X, щоб зрозуміти, як це покращує координацію руху.

Нарешті, зверніть увагу на інтеграцію штучного інтелекту в мехатронні системи. У технічних статтях шукайте приклади, як нейронні мережі оптимізують роботу адаптивних підвісок, регулюючи жорсткість амортизаторів залежно від дорожніх умов. Уникайте складних програмних аспектів, але зафіксуйте, як сенсори акселерометрів передають дані до обчислювальних блоків. Це допоможе усвідомити, як мехатроніка розвивається в напрямку інтелектуалізації транспорту.

## **5. Мехатронні системи в легкових і комерційних автомобілях**

При вивченні питання мехатронних систем у легкових і комерційних автомобілях студентам у дистанційному форматі слід шукати інформацію у відкритих джерелах, що описують конкретні приклади їх застосування. Використовуйте запити типу «mechatronics in passenger cars» або «mechatronics in commercial vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із легкових автомобілів, де мехатроніка широко використовується в системах безпеки, таких як ABS і ESP. Шукайте анімації, що демонструють, як датчики швидкості коліс і гіроскопи передають дані до мікроконтролерів для стабілізації руху. Зверніть увагу на адаптивні підвіски, де акселерометри та електромагнітні клапани регулюють жорсткість амортизаторів, покращуючи комфорт. Ці матеріали доступні на технічних YouTube-каналах.

Для комерційних автомобілів, таких як вантажівки, зосередьтеся на системах, що підвищують ефективність. Шукайте статті про електронні системи керування двигуном (ECU), які оптимізують подачу палива за допомогою датчиків тиску та температури. У відкритих джерелах можна знайти схеми роботи автоматичних трансмісій, де мехатроніка синхронізує гідравлічні муфти з електронними контролерами для плавного перемикавання передач. Також досліджуйте системи моніторингу вантажу, де датчики ваги та акселерометри передають дані про стан вантажу в реальному часі, що доступно в технічних блогах.

Додатково, порівняйте застосування мехатроніки в обох типах транспортних засобів. Наприклад, у легкових автомобілях акцент робиться на комфорті (автоматичне паркування), а в комерційних – на економії (рекуперативне гальмування в гібридних вантажівках). Шукайте PDF-документи, що описують ці відмінності, щоб зрозуміти, як мехатроніка адаптується до потреб різних транспортних засобів. Уникайте складних формул, але зафіксуйте, як сенсори та актуатори підвищують надійність і безпеку.

## **6. Виклики та перспективи впровадження мехатроніки в АТЗ**

При опрацюванні питання викликів і перспектив впровадження мехатроніки в автотранспортних засобах у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують сучасні проблеми та майбутні можливості. Використовуйте запити типу «challenges in automotive mechatronics» або «future prospects of mechatronics in vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із викликів, таких як складність інтеграції сенсорів і мікроконтролерів у компактних системах. Шукайте технічні блоги, що описують проблеми синхронізації даних від радарів і камер у системах ADAS, особливо при високих швидкостях. Зверніть увагу на питання надійності: як вібрації та температурні перепади впливають на датчики, що можна знайти в PDF-звітах автовиробників.

Далі, досліджуйте перспективи, такі як розвиток автономного водіння. Шукайте матеріали про інтеграцію штучного інтелекту з мехатронними системами, де нейронні мережі обробляють дані від лідарів для прийняття рішень у реальному часі. Наприклад, на YouTube-каналах з автотехніки є анімації, що показують, як ме-

хатроніка забезпечує автоматичне гальмування при виявленні перешкод. Також зверніть увагу на електрифікацію, де мехатроніка оптимізує системи рекуперативного гальмування, підвищуючи ефективність електромобілів. Шукайте схеми таких систем у відкритих базах даних.

Нарешті, аналізуйте економічні виклики, такі як висока вартість виробництва мехатронних компонентів. У статтях шукайте приклади, як автовиробники знижують витрати за рахунок стандартизації мікроконтролерів. Перспективи включають масштабування V2X-систем для координації руху, що зменшує затори. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як мехатроніка сприяє безпеці та економії.

## **7. Взаємозв'язок мехатроніки з іншими інженерними дисциплінами**

При вивченні питання взаємозв'язку мехатроніки з іншими інженерними дисциплінами в дистанційному форматі студентам рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють інтеграцію мехатроніки з механікою, електронікою та програмним забезпеченням. Використовуйте пошукові запити типу «mechatronics interdisciplinary engineering» або «mechatronics integration with other disciplines» для пошуку статей і відео. Почніть із механіки, досліджуючи, як мехатроніка вдосконалює механічні вузли, наприклад, у системах підвіски. Шукайте схеми адаптивних амортизаторів, де механічні пружини поєднуються з електронними актуаторами, що регулюють жорсткість за допомогою сигналів від акселерометрів. Такі матеріали доступні на технічних YouTube-каналах і в PDF-документах із автотехніки.

Далі, зверніть увагу на зв'язок із електронікою. У відкритих джерелах шукайте інформацію про мікроконтролери, які обробляють сигнали від сенсорів у системах ABS чи ESP. Наприклад, перегляньте анімації, що демонструють, як електронні схеми синхронізують гідравлічні клапани для модуляції гальмівного тиску. Це допоможе зрозуміти, як електроніка забезпечує точність мехатронних систем. Також досліджуйте роль програмного забезпечення: шукайте статті про алгоритми PID-регулювання, які використовуються в адаптивному круїз-контролі для обробки даних від радарів і керування дросельною заслінкою. Технічні блоги часто містять приклади таких алгоритмів.

Крім того, проаналізуйте взаємодію з телематикою та інформаційними технологіями. У відкритих базах даних шукайте матеріали про системи V2X, де мехатроніка інтегрується з мережевими протоколами для обміну даними між транспортними засобами. Наприклад, зверніть увагу на те, як датчики швидкості та GPS-модулі передають інформацію для координації руху. Уникайте складних математичних моделей, але зафіксуйте, як ці дисципліни разом підвищують ефективність і безпеку автотранспортних засобів. Пошук схем і відео допоможе візуалізувати ці зв'язки без лабораторних експериментів.

## **8. Економічні та екологічні аспекти мехатронних систем у транспорті**

При опрацюванні питання економічних та екологічних аспектів мехатронних систем у транспорті студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують вплив мехатроніки на економію та екологію. Використовуйте запити типу «economic benefits of mechatronics in vehicles» або «environmental impact of automotive mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із економічних аспектів: шукайте матеріали про те, як мехатроніка знижує витрати палива через системи електронного впорскування, де датчики тиску та температури оптимізують подачу палива. На технічних форумах і YouTube-каналах доступні анімації, що показують, як електронні блоки керування (ECU) підвищують ефективність двигунів внутрішнього згорання.

Далі, досліджуйте екологічні переваги. У відкритих джерелах шукайте інформацію про системи рекуперативного гальмування в електромобілях, де мехатроніка перетворює кінетичну енергію на електричну за допомогою електродвигунів і сенсорів струму. Це зменшує викиди CO<sub>2</sub> у гібридних транспортних засобах. Наприклад, шукайте PDF-звіти автовиробників про вплив таких систем на зниження вуглецевого сліду. Також зверніть увагу на системи Start-Stop, де мехатроніка автоматично вимикає двигун на зупинках, використовуючи датчики швидкості та мікроконтролери, що економить паливо та зменшує викиди.

Для економічного аналізу досліджуйте, як мехатроніка знижує витрати на обслуговування. Шукайте статті про діагностичні системи, де датчики моніторингу стану двигуна чи гальм передають дані для прогнозування поломок, зменшуючи витрати на ремонт. Уникайте

складних економічних розрахунків, але зафіксуйте, як стандартизація мехатронних компонентів знижує їхню собівартість. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти, як ці системи сприяють економії та екологічності транспорту.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке мехатроніка та які основні компоненти входять до мехатронних систем автотранспортних засобів?
2. Яким чином мехатронні системи сприяють підвищенню безпеки в автомобілях? Наведіть приклади.
3. Як історично розвивалися мехатронні системи в автотранспортній галузі?
4. Які економічні переваги забезпечує застосування мехатронних систем у транспортних засобах?
5. Як мехатроніка впливає на екологічність автомобілів, зокрема через які системи?
6. Яка роль електронних блоків керування (ECU) у мехатронних системах автомобілів?
7. Як мехатроніка взаємодіє з іншими інженерними дисциплінами, такими як електротехніка?
8. Які приклади мехатронних систем використовуються в системах ADAS?
9. Як системи V2X сприяють підвищенню ефективності автотранспортних засобів?
10. Які ключові виклики виникають при впровадженні мехатронних систем у сучасних автомобілях?

## **2.2.2 Тема 2. Архітектура мехатронних систем**

### **1. Основні компоненти мехатронних систем (датчики, виконавчі механізми, контролери)**

При вивченні питання основних компонентів мехатронних систем у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що детально описують датчики, виконавчі механізми та контролери. Використовуйте пошукові запити типу «components of mechatronics systems» або «sensors and actuators in automotive mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із датчиків, досліджуючи

їх роль у зборі даних. Шукайте матеріали про акселерометри, які вимірюють прискорення в системах стабілізації, або датчики тиску в системах впорскування палива. На YouTube-каналах із автотехніки доступні анімації, що показують, як ці датчики передають сигнали до контролерів. Зверніть увагу на технічні характеристики, наприклад, діапазон вимірювань і чутливість, у PDF-документах із технічних сайтів.

Далі, досліджуйте виконавчі механізми (актуатори), такі як електромагнітні клапани в адаптивних підвісках або сервоприводи в системах автоматичного паркування. Шукайте схеми, що ілюструють, як актуатори перетворюють електричні сигнали в механічний рух, наприклад, у гідравлічних гальмах. У відкритих джерелах зверніть увагу на приклади, де актуатори синхронізуються з контролерами для точного виконання команд. Для контролерів зосередьтеся на мікроконтролерах, таких як Arduino або ECU в автомобілях, які обробляють дані від датчиків і керують актуаторами. Шукайте відеоуроки, що пояснюють їхню роботу в реальному часі, наприклад, у системах ABS.

Уникайте складних програмних кодів, але зафіксуйте, як ці компоненти взаємодіють у системах, наприклад, як датчики швидкості коліс передають дані до ECU, що керує гальмівними клапанами. Пошук технічних ілюстрацій і схем у відкритих базах даних допоможе зрозуміти їхню роль у мехатронних системах без лабораторних експериментів.

## **2. Взаємодія між механічними, електричними та програмними підсистемами**

При опрацюванні питання взаємодії між механічними, електричними та програмними підсистемами студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що ілюструють їхню інтеграцію. Використовуйте запити типу «mechatronics subsystems interaction» або «mechanical-electrical integration in vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із механічних підсистем, таких як гальмівні механізми, і шукайте схеми, де вони поєднуються з електричними компонентами, наприклад, у системах ABS, де гідравлічні клапани керуються електричними сигналами від мікроконтролерів. YouTube-канали з автотехніки пропонують анімації, що показують цей процес.

Далі, досліджуйте електричні підсистеми, зосередившись на

датчиках і актуаторах. Шукайте матеріали про те, як датчики швидкості коліс передають електричні сигнали до ECU, які обробляються для активації електромагнітних клапанів. У технічних блогах доступні приклади, де електричні схеми забезпечують зв'язок між сенсорами та виконавчими механізмами. Для програмних підсистем зверніть увагу на алгоритми керування, такі як PID-регулятори, що використовуються в адаптивному круїз-контролі. Шукайте PDF-документи, що пояснюють, як програмне забезпечення обробляє дані від датчиків для точного керування дросельною заслінкою.

Проаналізуйте, як ці підсистеми синхронізуються, наприклад, у системах автоматичного паркування, де механічне рульове управління, електричні сервоприводи та програмні алгоритми працюють разом. Шукайте відео, що демонструють цей процес, щоб зрозуміти роль кожного компонента. Уникайте складних формул, але зафіксуйте, як інтеграція підвищує ефективність і безпеку. Пошук схем у відкритих джерелах допоможе візуалізувати взаємодію без лабораторних умов.

### **3. Багаторівнева архітектура мехатронних систем**

При вивченні питання багаторівневої архітектури мехатронних систем у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що пояснюють ієрархічну структуру таких систем. Використовуйте запити типу «multilayer architecture of mechatronics» або «hierarchical control in automotive systems» для пошуку статей і відео. Почніть із нижнього рівня – датчиків і актуаторів, які відповідають за збір даних і виконання команд. Шукайте схеми, наприклад, у системах ESP, де датчики кутової швидкості передають дані до мікроконтролерів. YouTube-канали з автотехніки пропонують анімації, що ілюструють цей рівень.

Далі, досліджуйте середній рівень – контролери, які обробляють дані та формують команди. Шукайте матеріали про ECU, які координують роботу систем, таких як адаптивний круїз-контроль, використовуючи алгоритми для аналізу даних від радарів. У технічних блогах доступні приклади, де контролери інтегрують кілька датчиків для синхронізації гальм і дроселя. На верхньому рівні зверніть увагу на системи управління, що об'єднують підсистеми, наприклад, у автономних автомобілях, де центральний комп'ютер обробляє дані від лідарів і камер для прийняття рішень. Шукайте PDF-документи, що описують ієрархію таких систем.

Проаналізуйте, як ці рівні взаємодіють, наприклад, у системах V2X, де нижній рівень (датчики GPS) передає дані на середній (контролери), а верхній координує обмін із іншими транспортними засобами. Уникайте складних математичних моделей, але зафіксуйте, як багаторівнева структура підвищує ефективність. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти архітектуру без лабораторних умов.

#### **4. Основні принципи побудови мехатронних систем**

При опрацюванні питання основних принципів побудови мехатронних систем студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують ключові підходи до їх створення. Використовуйте запити типу «principles of mechatronics design» або «mechatronics system development» для пошуку статей і відео. Почніть із принципу інтеграції, досліджуючи, як механічні, електричні та програмні компоненти об'єднуються. Шукайте схеми систем ABS, де датчики, гідравлічні клапани та мікроконтролери працюють разом. YouTube-канали з автотехніки пропонують анімації, що ілюструють цей процес.

Далі, зверніть увагу на принцип модульності. Шукайте матеріали про те, як мехатронні системи проектуються з окремих блоків, таких як ECU, що дозволяє легко замінювати компоненти. У технічних блогах доступні приклади модульних систем у електромобілях, де батареї та інвертори стандартизовані. Також досліджуйте принцип адаптивності: шукайте статті про адаптивні підвіски, де алгоритми обробки даних від акселерометрів регулюють жорсткість амортизаторів у реальному часі. PDF-документи з автотехніки пояснюють цей підхід.

Проаналізуйте принцип енергоефективності, наприклад, у системах рекуперативного гальмування, де мехатроніка оптимізує перетворення кінетичної енергії. Шукайте відео, що показують, як електродвигуни та сенсори струму працюють разом. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як принципи інтеграції, модульності та адаптивності підвищують надійність і ефективність. Пошук схем у відкритих джерелах допоможе зрозуміти ці принципи без лабораторних умов.

#### **5. Системи керування в реальному часі**

При вивченні питання систем керування в реальному часі сту-

дентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють їхню роботу в мехатронних системах. Використовуйте запити типу «real-time control in mechatronics» або «real-time systems in automotive» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як системи реального часу обробляють дані від датчиків миттєво, наприклад, у системах ABS, де мікроконтролери аналізують швидкість коліс і керують гальмівними клапанами. Шукайте анімації на YouTube-каналах із автотехніки, що показують цей процес.

Далі, досліджуйте роль мікроконтролерів у реальному часі. Шукайте матеріали про ECU, які використовують алгоритми PID-регулювання для адаптивного круїз-контролю, обробляючи дані від радарів для підтримання дистанції. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють, як контролери синхронізують сенсори та актуатори. Також зверніть увагу на системи автономного водіння, де реальний час критичний для обробки даних від лідарів і камер. Шукайте PDF-документи, що описують затримки обробки сигналів і їх вплив на безпеку.

Проаналізуйте приклади, де системи реального часу підвищують ефективність, наприклад, у рекуперативному гальмуванні, де сенсори струму миттєво регулюють роботу електродвигунів. Уникайте складних програмних кодів, але зафіксуйте, як швидка обробка даних забезпечує точність і безпеку. Пошук відео та схем у відкритих джерелах допоможе зрозуміти ці системи без лабораторних умов.

## **6. Надійність та відмовостійкість мехатронних систем**

При опрацюванні питання надійності та відмовостійкості мехатронних систем студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують ці аспекти. Використовуйте запити типу «reliability in mechatronics systems» або «fault tolerance in automotive mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із надійності датчиків і актуаторів, досліджуючи, як вони витримують вібрації та температурні перепади. Шукайте PDF-звіти автовиробників про тестування датчиків швидкості в ABS, що ілюструють їхню стійкість. YouTube-канали пропонують відео про методи випробувань.

Далі, зверніть увагу на відмовостійкість, наприклад, у системах ESP, де дублюючі контролери забезпечують роботу при збої одного компонента. Шукайте схеми, що показують резервні системи в ECU,

які перемикаються автоматично. У технічних блогах доступні приклади, де програмне забезпечення діагностує несправності сенсорів у реальному часі. Також досліджуйте методи підвищення надійності, такі як стандартизація компонентів у електромобілях, що зменшує ризик поломок. Шукайте статті про системи управління батареями (BMS), де датчики температури запобігають перегріву.

Проаналізуйте, як надійність і відмовостійкість впливають на безпеку, наприклад, у системах автоматичного гальмування. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як резервні механізми та діагностика підвищують довіру до систем. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти ці аспекти без лабораторних умов.

## **7. Моделювання та симуляція мехатронних систем**

При вивченні питання моделювання та симуляції мехатронних систем студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють ці процеси. Використовуйте запити типу «mechatronics system simulation» або «modeling automotive mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як моделювання допомагає тестувати системи, наприклад, ABS, без фізичних прототипів. Шукайте відео на YouTube, що показують симуляцію роботи датчиків швидкості та гідравлічних клапанів у програмному середовищі.

Далі, досліджуйте інструменти симуляції, такі як MATLAB/Simulink, які використовуються для моделювання адаптивного круїз-контролю. Шукайте PDF-довідники, що описують, як створюються моделі для аналізу даних від радарів і керування дроселем. У технічних блогах доступні приклади симуляції систем рекуперативного гальмування, де моделюється взаємодія електродвигунів і сенсорів струму. Зверніть увагу на те, як симуляція допомагає оптимізувати алгоритми PID-регулювання.

Проаналізуйте, як моделі перевіряють надійність систем, наприклад, у автономному водінні, де симуляція лідарів і камер прогнозує реакцію на перешкоди. Уникайте складних програмних кодів, але зафіксуйте, як симуляція знижує витрати на розробку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти процеси моделювання без лабораторних умов.

## **8. Вплив цифрових технологій на розвиток мехатронних си-**

**стем**

При опрацюванні питання впливу цифрових технологій на розвиток мехатронних систем студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують цей вплив. Використовуйте запити типу «digital technologies in mechatronics» або «impact of AI on automotive mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із ролі штучного інтелекту, досліджуючи, як нейронні мережі обробляють дані від лідарів у системах автономного водіння. Шукайте відео на YouTube, що показують, як AI оптимізує реакцію на перешкоди.

Далі, зверніть увагу на хмарні технології, які дозволяють оновлювати програмне забезпечення ECU віддалено. Шукайте статті про телематику в системах V2X, де цифрові платформи забезпечують обмін даними між автомобілями. У технічних блогах доступні приклади, як хмарні сервіси аналізують дані від датчиків для прогнозування поломок. Також досліджуйте вплив цифрових двійників, які моделюють роботу систем, таких як рекуперативне гальмування, для оптимізації ефективності. Шукайте PDF-звіти автовиробників про ці технології.

Проаналізуйте, як цифрові технології підвищують точність і безпеку, наприклад, у системах ADAS, де обробка зображень із камер залежить від AI. Уникайте складних алгоритмів, але зафіксуйте, як цифрові рішення сприяють розвитку мехатроніки. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти цей вплив без лабораторних умов.

**Питання для самоперевірки**

1. Які основні компоненти входять до архітектури мехатронних систем?
2. Як багаторівнева архітектура сприяє ефективному керуванню автомобільними системами?
3. Яким чином датчики та актуатори взаємодіють у мехатронних системах?
4. Що таке системи реального часу та як вони застосовуються в автомобільній мехатроніці?
5. Які принципи модульності використовуються в архітектурі мехатронних систем?
6. Як забезпечується надійність і відмовостійкість у мехатронних системах?
7. Яка роль штучного інтелекту в архітектурі сучасних мехатронних

систем?

8. Як моделювання в MATLAB/Simulink допомагає в розробці архітектури систем?
9. Які приклади синхронізації механічних і електричних компонентів у транспорті?
10. Як системи V2X інтегруються в архітектуру мехатронних систем?

## 2.2.3 Тема 3. Датчики в мехатронних системах АТЗ

### 1. Класифікація датчиків

При вивченні питання класифікації датчиків у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх типи та застосування в автотранспортних засобах. Використовуйте пошукові запити типу «classification of sensors in mechatronics» або «automotive sensor types» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння основних категорій датчиків: активні (з власним джерелом енергії, наприклад, радары) та пасивні (реагують на зовнішні стимули, як термометри). Шукайте PDF-документи на технічних сайтах, що описують класифікацію за вимірюваними параметрами: положення, швидкість, тиск, температура. YouTube-канали з автотехніки пропонують анімації, які ілюструють, як ці датчики застосовуються в системах ABS чи ESP.

Далі, досліджуйте класифікацію за технологією: аналогові (з безперервним сигналом, наприклад, потенціометри) та цифрові (з дискретним сигналом, як датчики Холла). Шукайте схеми, що показують їхню інтеграцію в мехатронні системи, наприклад, у системах впорскування палива. Зверніть увагу на класифікацію за принципом дії: електромагнітні, п'єзоелектричні, оптичні. У технічних блогах доступні приклади, як п'єзоелектричні датчики тиску використовуються в двигунах. Проаналізуйте, як класифікація впливає на вибір датчиків для конкретних систем, наприклад, у системах ADAS. Уникайте складних формул, але зафіксуйте, як різні типи датчиків підвищують точність і безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти класифікацію без лабораторних умов.

**2. Принципи роботи та застосування датчиків положення, швидкості, прискорення**

При опрацюванні питання принципів роботи та застосування датчиків положення, швидкості та прискорення студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх функціонування. Використовуйте запити типу «position speed acceleration sensors in vehicles» або «automotive sensor principles» для пошуку статей і відео. Почніть із датчиків положення, таких як потенціометри чи датчики Холла, що використовуються в системах керування дросельною заслінкою. Шукайте анімації на YouTube, які показують, як вони вимірюють кут повороту валу. У технічних блогах доступні схеми їх інтеграції в ECU.

Далі, досліджуйте датчики швидкості, наприклад, магнітоелектричні, що застосовуються в ABS для вимірювання обертів коліс. Шукайте PDF-документи, які описують, як ці датчики генерують імпульси залежно від швидкості. Для датчиків прискорення зосередьтеся на акселерометрах у системах ESP, де п'єзоелектричні елементи вимірюють вібрації. Шукайте відео, що ілюструють, як акселерометри передають дані для стабілізації автомобіля. Проаналізуйте їх застосування в адаптивних підвісках, де датчики прискорення регулюють жорсткість амортизаторів. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як ці датчики підвищують безпеку та комфорт. Пошук схем у відкритих джерелах допоможе зрозуміти принципи роботи без лабораторних умов.

### **3. Датчики температури, тиску та сили**

При вивченні питання датчиків температури, тиску та сили студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх роботу в автотранспортних засобах. Використовуйте запити типу «temperature pressure force sensors in automotive» або «automotive sensor applications» для пошуку статей і відео. Почніть із датчиків температури, таких як термопари чи термістори, що використовуються в системах керування двигуном. Шукайте анімації на YouTube, які показують, як вони вимірюють температуру охолоджувальної рідини. У PDF-документах із технічних сайтів зверніть увагу на їхню інтеграцію в ECU.

Далі, досліджуйте датчики тиску, наприклад, п'єзоелектричні, що застосовуються в системах впорскування палива для контролю тиску в паливній магістралі. Шукайте схеми, що ілюструють їхню роботу в двигунах. Для датчиків сили зосередьтеся на тензометричних

датчиках у системах моніторингу вантажу в комерційних автомобілях. Шукайте відео, що показують, як вони вимірюють деформацію для оцінки ваги. Проаналізуйте їх роль у системах безпеки, наприклад, у подушках безпеки, де датчики тиску реагують на зіткнення. Уникайте складних формул, але зафіксуйте, як ці датчики підвищують ефективність і безпеку. Пошук схем у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов.

#### **4. Оптичні та ультразвукові датчики**

При опрацюванні питання оптичних та ультразвукових датчиків студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи роботи. Використовуйте запити типу «optical ultrasonic sensors in automotive» або «sensors for ADAS» для пошуку статей і відео. Почніть із оптичних датчиків, таких як камери та лідари, що використовуються в системах ADAS. Шукайте анімації на YouTube, які показують, як камери розпізнають дорожні знаки, а лідари вимірюють відстань до об'єктів. У технічних блогах доступні схеми їх інтеграції в автономні системи.

Далі, досліджуйте ультразвукові датчики, що застосовуються в системах автоматичного паркування. Шукайте відео, які ілюструють, як вони вимірюють відстань до перешкод за допомогою звукових хвиль. У PDF-документах із технічних сайтів зверніть увагу на їхню роль у забезпеченні точності паркування. Проаналізуйте, як оптичні та ультразвукові датчики працюють разом у системах моніторингу сліпих зон, де камери доповнюють ультразвукові дані. Уникайте складних алгоритмів обробки сигналів, але зафіксуйте, як ці датчики підвищують безпеку та комфорт. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їх застосування без лабораторних умов.

#### **5. Інтелектуальні датчики та їх застосування**

При вивченні питання інтелектуальних датчиків студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують їхню роботу в мехатронних системах. Використовуйте запити типу «smart sensors in automotive» або «intelligent sensors in mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як інтелектуальні датчики обробляють дані самостійно, наприклад, у системах ADAS, де камери з вбудованими процесорами розпізнають пішоходів. Шукайте анімації на YouTube, які показують їхню роботу в реальному часі.

Далі, досліджуйте застосування інтелектуальних датчиків у системах моніторингу стану двигуна, де датчики температури з вбудованою обробкою сигналів діагностують перегрів. Шукайте PDF-документи, що описують їх інтеграцію в ECU. У технічних блогах доступні приклади використання інтелектуальних датчиків у системах V2X, де вони аналізують дані для координації руху. Проаналізуйте їхню роль у підвищенні безпеки, наприклад, у системах автоматичного гальмування. Уникайте складних програмних кодів, але зафіксуйте, як вбудована обробка даних підвищує ефективність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їх застосування без лабораторних умов.

## **6. Критерії вибору датчиків для мехатронних систем**

При опрацюванні питання критеріїв вибору датчиків для мехатронних систем студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що аналізують ці критерії. Використовуйте запити типу «sensor selection criteria for mechatronics» або «choosing sensors for automotive systems» для пошуку статей і відео. Почніть із точності, досліджуючи, як датчики, наприклад, лідари в ADAS, забезпечують високу роздільну здатність. Шукайте PDF-документи, що описують діапазон вимірювань і похибки датчиків.

Далі, зверніть увагу на надійність і стійкість до умов експлуатації, таких як вібрації чи температура. Шукайте відео на YouTube, які показують тестування датчиків швидкості в ABS. У технічних блогах доступні приклади вибору датчиків для систем впорскування палива, де важлива швидкість реакції. Проаналізуйте економічні критерії, такі як вартість і доступність, а також сумісність із ECU. Шукайте схеми, що ілюструють інтеграцію датчиків у системи, наприклад, у рекуперативному гальмуванні. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як критерії впливають на ефективність і безпеку. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти вибір датчиків без лабораторних умов.

## **7. Технології бездротового зв'язку в датчиках**

При вивченні питання технологій бездротового зв'язку в датчиках студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх застосування. Використовуйте запити типу «wireless sensor technologies in automotive» або «wireless communication in mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із технологій, та-

ких як Bluetooth і Wi-Fi, що використовуються в системах V2X. Шукайте анімації на YouTube, які показують, як датчики швидкості передають дані бездротово для координації руху.

Далі, досліджуйте використання протоколів, таких як ZigBee, у системах моніторингу тиску в шинах (TPMS). Шукайте PDF-документи, що описують, як бездротові датчики передають дані до ECU. У технічних блогах доступні приклади їх застосування в телематиці для відстеження стану автомобіля. Проаналізуйте переваги бездротових технологій, такі як зменшення проводки, і виклики, як-от перешкоди сигналу. Уникайте складних протоколів, але зафіксуйте, як бездротові датчики підвищують гнучкість систем. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов.

### **8. Методи калібрування та тестування датчиків**

При опрацюванні питання методів калібрування та тестування датчиків студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що описують ці процеси. Використовуйте запити типу «sensor calibration in automotive» або «testing sensors for mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із калібрування, досліджуючи, як датчики швидкості в ABS налаштовуються для точного вимірювання. Шукайте відео на YouTube, які показують процес порівняння з еталонними значеннями.

Далі, досліджуйте методи тестування, такі як випробування датчиків температури на стійкість до перегріву. Шукайте PDF-звіти автовиробників, що описують тести вібрації для датчиків прискорення в ESP. У технічних блогах доступні приклади, як лідари тестуються в симуляціях для ADAS. Проаналізуйте, як калібрування і тестування забезпечують надійність, наприклад, у системах автоматичного гальмування. Уникайте складних формул, але зафіксуйте, як ці методи підвищують точність і безпеку. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти процеси без лабораторних умов.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які основні принципи лежать в основі проєктування мехатронних систем?
2. Як інтеграція компонентів впливає на ефективність проєктування автомобільних систем?
3. Яким чином модульність спрощує проєктування мехатронних сис-

тем?

4. Які інструменти моделювання застосовуються для проєктування мехатронних систем?
5. Як системи реального часу використовуються в проєктуванні систем безпеки?
6. Яка роль штучного інтелекту в оптимізації проєктування мехатронних систем?
7. Як забезпечується надійність мехатронних систем на етапі проєктування?
8. Які приклади симуляції мехатронних систем у MATLAB/Simulink?
9. Як цифрові технології впливають на процес проєктування мехатронних систем?
10. Яким чином рекуперативне гальмування демонструє принципи проєктування?

## **2.2.4 Тема 4. Виконавчі механізми та приводи**

### **1. Електромеханічні, пневматичні та гідравлічні приводи**

При вивченні питання електромеханічних, пневматичних та гідравлічних приводів у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи роботи в автотранспортних засобах. Використовуйте пошукові запити типу «electromechanical pneumatic hydraulic actuators in vehicles» або «drives in automotive mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із електромеханічних приводів, таких як сервоприводи в системах рульового управління. Шукайте анімації на YouTube, які показують, як електродвигуни перетворюють електричний струм на механічний рух через редуктори. У технічних блогах доступні схеми їх застосування в адаптивних підвісках, де актуатори регулюють положення амортизаторів.

Далі, досліджуйте пневматичні приводи, наприклад, у системах гальмування вантажівок, де стиснене повітря активує діафрагмові циліндри. Шукайте PDF-документи, що описують їхню роботу в антиблокувальних системах, де клапани керують тиском повітря для модуляції гальм. Для гідравлічних приводів зосередьтеся на системах ABS у легкових автомобілях, де насоси та клапани створюють тиск рідини для точного гальмування. Шукайте відео, що ілюструють, як

гідравлічні актуатори синхронізуються з мікроконтролерами. Проаналізуйте порівняння: електромеханічні – для швидкості, пневматичні – для потужності, гідравлічні – для точності. Уникайте складних гідродинамічних формул, але зафіксуйте, як ці приводи підвищують безпеку та динаміку. Пошук схем у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов.

## **2. Особливості керування виконавчими механізмами**

При опрацюванні питання особливостей керування виконавчими механізмами студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують принципи регулювання. Використовуйте запити типу «control of actuators in mechatronics» або «actuator management in vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із PID-регуляторів, які використовуються для керування сервоприводами в системах стабілізації. Шукайте анімації на YouTube, що показують, як контролери коригують сигнали для точного позиціонування, наприклад, у автоматичному паркуванні.

Далі, досліджуйте особливості в реальному часі, де мікроконтролери обробляють дані від датчиків для миттєвої реакції актуаторів. Шукайте PDF-документи про ECU в системах ESP, де керування гідравлічними клапанами запобігає заносу. У технічних блогах доступні приклади адаптивного керування, як у рекуперативному гальмуванні, де електродвигуни регулюються для оптимального енергозберігання. Зверніть увагу на зворотний зв'язок: як енкодери передають дані про положення актуаторів для корекції. Проаналізуйте виклики, такі як нелінійність приводів у гідравлічних системах. Уникайте складних алгоритмів, але зафіксуйте, як точне керування підвищує ефективність і безпеку. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти особливості без лабораторних умов.

## **3. Сучасні типи електроприводів у транспортних засобах**

При вивченні питання сучасних типів електроприводів у транспортних засобах студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що аналізують їх застосування. Використовуйте запити типу «modern electric drives in vehicles» або «electric actuators automotive» для пошуку статей і відео. Почніть із безщіткових двигунів (BLDC), що використовуються в системах рульового

управління. Шукайте анімації на YouTube, які показують, як вони забезпечують високу швидкість обертання з мінімальними втратами.

Далі, досліджуйте крокові двигуни в системах позиціонування, наприклад, для регулювання дросельної заслінки. Шукайте PDF-документи, що описують їхню дискретну роботу в ECU. У технічних блогах доступні приклади лінійних електроприводів у адаптивних підвісках, де соленоїди переміщують елементи для зміни жорсткості. Зверніть увагу на інтеграцію з інверторами для перетворення струму в електромобілях. Проаналізуйте переваги: компактність і точність у системах ADAS. Уникайте електромагнітних розрахунків, але зафіксуйте, як ці приводи сприяють автономності. Пошук схем у відкритих джерелах допоможе зрозуміти типи без лабораторних умов.

#### **4. Вплив мехатронних приводів на енергоефективність**

При опрацюванні питання впливу мехатронних приводів на енергоефективність студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що пояснюють цей аспект. Використовуйте запити типу «mechatronic drives energy efficiency» або «actuators impact on vehicle efficiency» для пошуку статей і відео. Почніть із рекуперативних систем, де електроприводи перетворюють кінетичну енергію на електричну. Шукайте анімації на YouTube, що показують роботу генераторів у гібридних автомобілях.

Далі, досліджуйте оптимізацію в системах ABS, де мехатронні клапани мінімізують втрати енергії на гальмування. Шукайте PDF-звіти про зниження витрат палива завдяки адаптивним приводам у підвісках. У технічних блогах доступні приклади, як електронне керування сервоприводами зменшує навантаження на двигун. Проаналізуйте вплив на загальну ефективність: до 20% економії в електромобілях. Уникайте термодинамічних формул, але зафіксуйте, як приводи підвищують автономність. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти вплив без лабораторних умов.

#### **5. Методи оптимізації роботи виконавчих механізмів**

При вивченні питання методів оптимізації роботи виконавчих механізмів студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що описують ці підходи. Використовуйте запити типу «optimization of actuators in mechatronics» або «actuator efficiency methods vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із адап-

тивних алгоритмів, які регулюють струм у електроприводах для мінімальних втрат. Шукайте анімації на YouTube про PID-оптимізацію в сервосистемах рульового керування.

Далі, досліджуйте матеріали з низьким тертям у гідравлічних приводах для ABS. Шукайте PDF-документи про використання композитів у актуаторах. У технічних блогах доступні приклади векторного керування в BLDC-моторах для підвісок. Проаналізуйте методи моделювання для прогнозування навантажень. Уникайте математичного моделювання, але зафіксуйте, як оптимізація підвищує довговічність. Пошук схем у відкритих джерелах допоможе зрозуміти методи без лабораторних умов.

## **6. Інтелектуальні системи керування приводами**

При опрацюванні питання інтелектуальних систем керування приводами студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню роботу. Використовуйте запити типу «intelligent drive control systems» або «smart actuators in vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із нейронних мереж, що прогнозують навантаження на приводи в ADAS. Шукайте анімації на YouTube про AI в адаптивному круїз-контролі.

Далі, досліджуйте fuzzy logic у системах стабілізації, де контролери адаптуються до умов. Шукайте PDF-документи про інтеграцію з ECU. У технічних блогах доступні приклади машинного навчання для оптимізації гальм. Проаналізуйте роль у підвищенні безпеки. Уникайте алгоритмів, але зафіксуйте, як інтелектуальність покращує реакцію. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти системи без лабораторних умов.

## **7. Компактність та легкість приводних систем**

При вивченні питання компактності та легкості приводних систем студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що аналізують ці характеристики. Використовуйте запити типу «compact lightweight drives in automotive» або «miniature actuators vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із мікроелектродвигунів у системах паркування. Шукайте анімації на YouTube про інтеграцію в обмежений простір.

Далі, досліджуйте матеріали, як карбон у гідравлічних актуаторах. Шукайте PDF-документи про зниження ваги в електромобілях. У

технічних блогах доступні приклади компактних соленоїдів для ESP. Проаналізуйте вплив на динаміку. Уникайте конструктивних розрахунків, але зафіксуйте, як компактність підвищує ефективність. Пошук схем у відкритих джерелах допоможе зрозуміти аспекти без лабораторних умов.

### **8. Надійність та діагностика виконавчих механізмів**

При опрацюванні питання надійності та діагностики виконавчих механізмів студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують ці процеси. Використовуйте запити типу «reliability diagnostics actuators mechatronics» або «actuator fault detection vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із тестування на вібрації сервоприводів. Шукайте відео на YouTube про методи перевірки.

Далі, досліджуйте діагностику через OBD-системи для гідравлічних клапанів. Шукайте PDF-звіти про моніторинг зносу. У технічних блогах доступні приклади AI для прогнозування відмов. Проаналізуйте роль у безпеці. Уникайте статистичних моделей, але зафіксуйте, як діагностика зменшує ризики. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти надійність без лабораторних умов.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке системи керування в реальному часі та як вони застосовуються в АТЗ?
2. Яким чином PID-регулятори використовуються в мехатронних системах?
3. Як центральні обчислювальні блоки координують роботу сенсорів і актуаторів?
4. Які принципи інтеграції застосовуються в системах керування мехатронікою?
5. Як штучний інтелект оптимізує системи керування в автономних авто?
6. Яким чином забезпечується надійність систем керування в мехатроніці?
7. Які приклади використання MATLAB/Simulink для моделювання систем керування?
8. Як системи ADAS демонструють принципи керування в реальному часі?

9. Яким чином синхронізуються датчики та актуатори в гальмівних системах?
10. Як V2X-технології впливають на системи керування мехатронними комплексами?

## **2.2.5 Тема 5. Системи керування та ПЛК**

### **1. Програмовані логічні контролери (ПЛК)**

При вивченні питання програмованих логічних контролерів (ПЛК) у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи роботи в авто-транспортних засобах. Використовуйте пошукові запити типу «PLC in automotive mechatronics» або «programmable logic controllers in vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння структури ПЛК, які складаються з процесора, модулів вводу-виводу та пам'яті. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як ПЛК обробляють сигнали від датчиків швидкості в системах ABS для керування гідравлічними клапанами. У PDF-документах із технічних сайтів зверніть увагу на їх застосування в автоматизації процесів, наприклад, у системах конвеєрного складання автомобілів.

Далі, досліджуйте типи ПЛК, такі як компактні та модульні, що використовуються для керування електроприводами в гібридних автомобілях. У технічних блогах доступні схеми, що показують, як ПЛК інтегруються з датчиками температури для моніторингу двигуна. Проаналізуйте їхню роль у забезпеченні точності та швидкості обробки сигналів у реальному часі, наприклад, у системах адаптивного круїз-контролю. Уникайте складних програмних кодів, але зафіксуйте, як ПЛК підвищують надійність і гнучкість мехатронних систем. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їх функціонування без лабораторних умов.

### **2. Інтеграція ПЛК у мехатронні системи автомобілів**

При опрацюванні питання інтеграції ПЛК у мехатронні системи автомобілів студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх взаємодію. Використовуйте запити типу «PLC integration in automotive systems» або «PLCs in vehicle mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як ПЛК

під'єднуються до датчиків і актуаторів, наприклад, у системах ESP, де обробляються дані від акселерометрів для стабілізації руху. Шукайте анімації на YouTube, які показують, як ПЛК синхронізують гідравлічні клапани з електронними сигналами.

Далі, досліджуйте інтеграцію ПЛК із системами ECU для керування двигуном, де вони обробляють дані від датчиків температури та тиску. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють зв'язок через шини CAN. Зверніть увагу на застосування ПЛК у телематиці, де вони координують обмін даними в системах V2X. Проаналізуйте, як інтеграція забезпечує гнучкість і швидкість реакції, наприклад, у рекуперативному гальмуванні. Уникайте складних протоколів, але зафіксуйте, як ПЛК підвищують ефективність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти інтеграцію без лабораторних умов.

### **3. Архітектура систем керування мехатронних систем**

При вивченні питання архітектури систем керування мехатронних систем студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють їх структуру. Використовуйте запити типу «control system architecture in mechatronics» або «automotive control systems design» для пошуку статей і відео. Почніть із ієрархічної структури, де нижній рівень включає датчики та актуатори, як у системах ABS. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють передачу даних від датчиків швидкості до контролерів.

Далі, досліджуйте середній рівень – мікроконтролери або ПЛК, що обробляють сигнали для адаптивного круїз-контролю. У технічних блогах доступні схеми, що показують зв'язок через CAN-шину. Зверніть увагу на верхній рівень – центральні системи, які координують кілька підсистем у автономних автомобілях. Шукайте PDF-документи, що описують інтеграцію лідарів і ECU. Проаналізуйте, як архітектура забезпечує швидкість і надійність. Уникайте складних моделей, але зафіксуйте, як структура підвищує ефективність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти архітектуру без лабораторних умов.

### **4. Мікроконтролери та їх застосування**

При опрацюванні питання мікроконтролерів та їх застосування студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих

джерел, що описують їхню роль у мехатронних системах. Використовуйте запити типу «microcontrollers in automotive mechatronics» або «ECU applications in vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як мікроконтролери, наприклад, STM32, обробляють дані від датчиків у системах впорскування палива. Шукайте анімації на YouTube, що показують їхню роботу в реальному часі в ECU.

Далі, досліджуйте їх застосування в системах ADAS, де мікроконтролери аналізують дані від камер для автоматичного гальмування. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють зв'язок із актуаторами через шини CAN. Зверніть увагу на використання в рекуперативному гальмуванні, де мікроконтролери керують інверторами. Проаналізуйте їхню роль у підвищенні точності. Уникайте складних програмних кодів, але зафіксуйте, як мікроконтролери забезпечують швидкість реакції. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їх застосування без лабораторних умов.

## **5. Методи програмування ПЛК**

При вивченні питання методів програмування ПЛК студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють ці методи. Використовуйте запити типу «PLC programming methods automotive» або «programming PLCs for vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із мов програмування, таких як Ladder Logic, що використовується для керування гальмами. Шукайте анімації на YouTube, які демонструють створення логічних схем для ПЛК у системах ABS.

Далі, досліджуйте Structured Text для складних алгоритмів, наприклад, у системах керування двигуном. У технічних блогах доступні приклади програм для синхронізації датчиків і актуаторів. Зверніть увагу на симуляційні інструменти, такі як TIA Portal, для тестування програм. Шукайте PDF-документи, що описують програмування ПЛК для телематики V2X. Проаналізуйте, як методи забезпечують гнучкість. Уникайте складних кодів, але зафіксуйте, як програмування підвищує ефективність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти методи без лабораторних умов.

## **6. Системи зворотного зв'язку у мехатронних системах**

При опрацюванні питання систем зворотного зв'язку в мехатронних системах студентам у дистанційному форматі слід звер-

нутися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи. Використовуйте запити типу «feedback systems in mechatronics» або «automotive feedback control» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як зворотний зв'язок використовується в адаптивних підвісках, де акселерометри коригують жорсткість амортизаторів. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють обробку даних у реальному часі.

Далі, досліджуйте системи зворотного зв'язку в ABS, де датчики швидкості коліс передають дані до ECU для модуляції гальм. У технічних блогах доступні схеми, що показують алгоритми PID. Зверніть увагу на їх роль у ADAS, де зворотний зв'язок від камер забезпечує утримання смуги. Проаналізуйте, як системи підвищують точність. Уникайте складних формул, але зафіксуйте, як зворотний зв'язок покращує безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їх роботу без лабораторних умов.

### **7. Алгоритми керування в мехатронних системах**

При вивченні питання алгоритмів керування в мехатронних системах студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що описують їх типи. Використовуйте запити типу «control algorithms in mechatronics» або «automotive control algorithms» для пошуку статей і відео. Почніть із PID-алгоритмів, що використовуються в адаптивному круїз-контролі для регулювання швидкості. Шукайте анімації на YouTube, які показують, як вони обробляють дані від радарів.

Далі, досліджуйте fuzzy logic для адаптивних підвісок, де нечіткі правила регулюють жорсткість. У технічних блогах доступні приклади нейронних мереж у системах ADAS для обробки даних від камер. Зверніть увагу на їх застосування в рекуперативному гальмуванні. Проаналізуйте, як алгоритми підвищують точність і безпеку. Уникайте складних кодів, але зафіксуйте, як вони оптимізують системи. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти алгоритми без лабораторних умов.

### **8. Тестування та верифікація керуючих програм**

При опрацюванні питання тестування та верифікації керуючих програм студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що пояснюють ці процеси. Використовуйте запити типу «testing control programs in mechatronics» або «verification of au-

tomotive software» для пошуку статей і відео. Почніть із симуляційного тестування програм для ПЛК у системах ABS. Шукайте відео на YouTube, які показують тестування в середовищах, як TIA Portal.

Далі, досліджуйте методи верифікації, наприклад, аналіз даних від датчиків у ECU для адаптивного круїз-контролю. У технічних блогах доступні приклади тестів на відмовостійкість у ADAS. Зверніть увагу на апаратне тестування з використанням стендів. Шукайте PDF-звіти, що описують перевірку програм V2X. Проаналізуйте, як тестування забезпечує надійність. Уникайте складних методологій, але зафіксуйте, як верифікація підвищує безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти процеси без лабораторних умов.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які типи датчиків використовуються в мехатронних системах автомобілів?
2. Яким чином актуатори забезпечують виконання команд у мехатронних системах?
3. Як датчики швидкості взаємодіють із ECU в системах ABS?
4. Які методи тестування застосовуються для забезпечення надійності датчиків?
5. Як системи машинного зору використовують датчики в ADAS?
6. Яким чином електромагнітні клапани застосовуються в адаптивних підвісках?
7. Як штучний інтелект обробляє дані від датчиків у мехатронних системах?
8. Які приклади симуляції роботи датчиків у MATLAB/Simulink?
9. Як забезпечується синхронізація датчиків і актуаторів у реальному часі?
10. Яким чином датчики температури впливають на системи управління батареями?

## **2.2.6 Тема 6. Силова електроніка в мехатроніці АТЗ**

### **1. Основи силової електроніки**

При вивченні основ силової електроніки в дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що

пояснюють її принципи в автотранспортних засобах. Використовуйте пошукові запити типу «power electronics in automotive mechatronics» або «basics of power electronics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння ключових компонентів: транзисторів, діодів, тиристорів, які керують потоками енергії. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють роботу MOSFET у системах керування двигуном електромобілів. У PDF-документах із технічних сайтів зверніть увагу на принципи перетворення енергії, наприклад, у DC-DC конвертерах для стабілізації напруги.

Далі, досліджуйте роль силової електроніки в забезпеченні ефективного живлення виконавчих механізмів, таких як електродвигуни в гібридних автомобілях. У технічних блогах доступні схеми, що показують, як IGBT (біполярні транзистори з ізольованим затвором) регулюють струм у системах рекуперативного гальмування. Проаналізуйте, як силова електроніка забезпечує точність і швидкість керування. Уникайте складних електричних розрахунків, але зафіксуйте, як компоненти підвищують ефективність і економію енергії. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти основи без лабораторних умов.

## **2. Перетворювачі та їх роль у живленні виконавчих механізмів**

При опрацюванні питання перетворювачів та їх ролі у живленні виконавчих механізмів студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх функціонування. Використовуйте запити типу «power converters in automotive actuators» або «DC-DC converters in vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із DC-DC перетворювачів, які стабілізують напругу для електродвигунів у системах адаптивного круїз-контролю. Шукайте анімації на YouTube, що показують, як понижуючі конвертери забезпечують живлення сервоприводів.

Далі, досліджуйте AC-DC перетворювачі, що використовуються в зарядних системах електромобілів. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють, як вони перетворюють змінний струм мережі на постійний для батарей. Зверніть увагу на їхню роль у рекуперативному гальмуванні, де перетворювачі керують енергією від електродвигунів. Проаналізуйте, як перетворювачі підвищують ефективність живлення. Уникайте складних схемотехнічних розрахунків, але за-

фіксуйте, як вони оптимізують роботу механізмів. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їхню роль без лабораторних умов.

### **3. Інвертори та їх застосування**

При вивченні питання інверторів та їх застосування студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють їх роботу в мехатронних системах. Використовуйте запити типу «inverters in automotive mechatronics» або «power inverters in electric vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як інвертори перетворюють постійний струм (DC) на змінний (AC) для електродвигунів у електромобілях. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як IGBT-модулі в інверторах керують обертянням двигунів.

Далі, досліджуйте застосування інверторів у гібридних автомобілях, де вони забезпечують рекуперативне гальмування, перетворюючи кінетичну енергію на електричну. У технічних блогах доступні схеми, що показують інтеграцію інверторів із системами ECU. Зверніть увагу на їхню роль у системах старт-стоп, де інвертори регулюють живлення стартер-генераторів. Проаналізуйте, як інвертори підвищують ефективність і точність. Уникайте складних електричних розрахунків, але зафіксуйте, як вони сприяють економії енергії. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їх застосування без лабораторних умов.

### **4. Бортові енергетичні системи**

При опрацюванні питання бортових енергетичних систем студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх структуру. Використовуйте запити типу «onboard power systems in vehicles» або «automotive energy systems mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як бортові системи живлять електродвигуни та електроніку, наприклад, через акумулятори та DC-DC конвертери в електромобілях. Шукайте анімації на YouTube, що показують розподіл енергії в гібридних системах.

Далі, досліджуйте системи управління батареями (BMS), які контролюють заряд і температуру. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють інтеграцію BMS із ECU для оптимізації роботи. Зверніть увагу на роль бортових систем у рекуперативному галь-

муванні, де енергія повертається до батареї. Проаналізуйте, як системи підвищують енергоефективність. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як бортові системи забезпечують стабільність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов.

## **5. Методи покращення ефективності силових електронних систем**

При вивченні питання методів покращення ефективності силових електронних систем студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що аналізують ці методи. Використовуйте запити типу «improving efficiency of power electronics» або «power electronics optimization in vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із використання широкозонних напівпровідників, таких як SiC і GaN, у інверторах електромобілів. Шукайте анімації на YouTube, що показують, як вони зменшують втрати енергії.

Далі, досліджуйте методи широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) для керування інверторами в рекуперативному гальмуванні. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють оптимізацію струму в DC-DC конвертерах. Зверніть увагу на системи охолодження, які знижують перегрів компонентів. Проаналізуйте, як ці методи підвищують енергоефективність. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як вони сприяють економії. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти методи без лабораторних умов.

## **6. Надійність і безпека силових електронних систем**

При опрацюванні питання надійності та безпеки силових електронних систем студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують ці аспекти. Використовуйте запити типу «reliability of power electronics in vehicles» або «safety in automotive power systems» для пошуку статей і відео. Почніть із тестування транзисторів і IGBT на стійкість до перевантажень у системах електромобілів. Шукайте відео на YouTube, що показують методи випробувань на вібрацію та температуру.

Далі, досліджуйте системи захисту, такі як запобіжники та моніторинг температури в BMS, що запобігають коротким замиканням. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють діагностику в інверторах. Зверніть увагу на резервні системи в ECU для забезпечен-

ня безпеки. Проаналізуйте, як надійність впливає на стабільність роботи. Уникайте складних аналізів, але зафіксуйте, як захист підвищує безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти аспекти без лабораторних умов.

## **7. Використання силової електроніки у гібридних та електромобілях**

При вивченні питання використання силової електроніки в гібридних та електромобілях студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що аналізують її роль. Використовуйте запити типу «power electronics in hybrid electric vehicles» або «mechatronics in EVs» для пошуку статей і відео. Почніть із інверторів, що керують електродвигунами в електромобілях, забезпечуючи точне регулювання швидкості. Шукайте анімації на YouTube, що показують, як вони обробляють енергію від батареї.

Далі, досліджуйте DC-DC конвертери в гібридних автомобілях, які стабілізують напругу для допоміжних систем. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють рекуперативне гальмування, де силова електроніка повертає енергію до батареї. Зверніть увагу на BMS для захисту батарей. Проаналізуйте, як силова електроніка підвищує ефективність і дальність ходу. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як вона оптимізує роботу. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти застосування без лабораторних умов.

## **8. Перспективи розвитку силової електроніки у мехатронних системах**

При опрацюванні питання перспектив розвитку силової електроніки в мехатронних системах студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що прогнозують тенденції. Використовуйте запити типу «future of power electronics in automotive» або «trends in mechatronics power systems» для пошуку статей і відео. Почніть із широкозонних напівпровідників, таких як SiC і GaN, які обіцяють вищу ефективність у інверторах. Шукайте відео на YouTube, що демонструють їх тестування в електромобілях.

Далі, досліджуйте інтеграцію AI для оптимізації роботи BMS, де алгоритми прогнозують стан батареї. У технічних блогах доступні приклади бездротових систем живлення для V2X. Зверніть увагу на мініатюризацію компонентів для компактності. Проаналізуйте, як ці

тенденції вплинуть на дальність ходу та безпеку. Уникайте складних прогнозів, але зафіксуйте, як інновації сприяють прогресу. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти перспективи без лабораторних умов.

### **Питання для самоперевірки**

1. Яка роль систем управління батареями (BMS) у мехатроніці електромобілів?
2. Як рекуперативне гальмування підвищує енергоефективність електромобілів?
3. Яким чином датчики струму синхронізуються з електродвигунами?
4. Як штучний інтелект оптимізує енергоспоживання в електромобілях?
5. Які методи забезпечення надійності застосовуються в системах охолодження батарей?
6. Як системи V2X інтегруються в мехатронні системи електромобілів?
7. Які приклади моделювання електроприводів у MATLAB/Simulink?
8. Як модульність спрощує обслуговування мехатронних систем електромобілів?
9. Яким чином інвертори керують електродвигунами в електромобілях?
10. Як телематика сприяє оптимізації роботи електромобілів?

## **2.2.7 Тема 7. Зв'язок та протоколи передачі даних**

### **1. CAN, LIN, FlexRay – основні шини зв'язку в автомобілі**

При вивченні питання основних шин зв'язку (CAN, LIN, FlexRay) у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи роботи в автомобілях. Використовуйте пошукові запити типу «CAN LIN FlexRay automotive communication» або «vehicle bus systems» для пошуку статей і відео. Почніть із CAN (Controller Area Network), що забезпечує швидкий обмін даними між ECU в системах ABS. Шукайте анімації на YouTube, які демонструють передачу пакетів даних від датчиків

швидкості до контролерів. У PDF-документах із технічних сайтів зверніть увагу на структуру CAN-повідомлень.

Далі, досліджуйте LIN (Local Interconnect Network) для низькошвидкісних систем, таких як керування вікнами чи дзеркалами. У технічних блогах доступні схеми, що показують простоту LIN порівняно з CAN. Зосередьтеся на FlexRay, який використовується в системах ADAS для високошвидкісного зв'язку, наприклад, у керуванні автономним водінням. Проаналізуйте їхні переваги: CAN – універсальність, LIN – економічність, FlexRay – швидкість. Уникайте складних протоколів, але зафіксуйте, як шини забезпечують надійність зв'язку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов.

## **2. Архітектура електронних систем сучасних автомобілів**

При опрацюванні питання архітектури електронних систем сучасних автомобілів студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх структуру. Використовуйте запити типу «automotive electronic system architecture» або «vehicle network architecture» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння децентралізованої архітектури, де ECU керують окремими системами, як ABS чи ESP. Шукайте анімації на YouTube, що показують зв'язок між ECU через CAN-шину.

Далі, досліджуйте централізовану архітектуру в автономних автомобілях, де центральний комп'ютер обробляє дані від лідарів і камер. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють інтеграцію датчиків і актуаторів через шини LIN і FlexRay. Зверніть увагу на гібридні архітектури, що поєднують обидва підходи в електромобілях. Проаналізуйте, як архітектура впливає на швидкість і надійність. Уникайте складних схем, але зафіксуйте, як структура підвищує ефективність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти архітектуру без лабораторних умов.

## **3. Протоколи зв'язку та їх роль у мехатронних системах**

При вивченні питання протоколів зв'язку та їх ролі в мехатронних системах студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють їх функціонування. Використовуйте запити типу «communication protocols in mechatronics» або «automotive network protocols» для пошуку статей і

відео. Почніть із протоколів CAN, які забезпечують обмін даними між датчиками швидкості та ECU в системах ESP. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють передачу пакетів із пріоритетами.

Далі, досліджуйте LIN для економічного зв'язку в системах керування сидіннями. У технічних блогах доступні схеми, що показують простоту LIN-протоколів. Зосередьтеся на FlexRay для високошвидкісних систем ADAS, де потрібна синхронізація даних від камер. Проаналізуйте, як протоколи забезпечують надійність і швидкість. Уникайте складних алгоритмів, але зафіксуйте, як вони оптимізують роботу систем. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти їхню роль без лабораторних умов.

#### **4. Вплив протоколів на швидкодію систем**

При опрацюванні питання впливу протоколів на швидкодію систем студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують їх ефективність. Використовуйте запити типу «*impact of communication protocols on vehicle performance*» або «*protocol speed in automotive systems*» для пошуку статей і відео. Почніть із CAN, який забезпечує швидкість до 1 Мбіт/с у системах ABS. Шукайте анімації на YouTube, що показують передачу даних від датчиків до ECU за мілісекунди.

Далі, досліджуйте FlexRay, який підтримує до 10 Мбіт/с у системах ADAS, де потрібна швидка обробка даних від лідарів. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють зменшення затримок у порівнянні з CAN. Зверніть увагу на LIN, який через низьку швидкість (до 20 кбіт/с) використовується для некритичних систем, як керування дзеркалами. Проаналізуйте, як швидкодія впливає на безпеку. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як протоколи оптимізують реакцію. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти вплив без лабораторних умов.

#### **5. Методи забезпечення кібербезпеки**

При вивченні питання методів забезпечення кібербезпеки студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що описують захист автомобільних систем. Використовуйте запити типу «*cybersecurity in automotive networks*» або «*vehicle communication security*» для пошуку статей і відео. Почніть із шифрування даних у CAN-шині, яке запобігає несанкціонованому до-

ступу до ECU. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють захист передачі даних у системах V2X.

Далі, досліджуйте методи автентифікації в FlexRay, які перевіряють джерела даних у ADAS. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють використання цифрових підписів. Зверніть увагу на виявлення вторгнень у LIN-системах для захисту від атак на некритичні функції. Проаналізуйте, як кібербезпека забезпечує надійність. Уникайте складних криптографічних алгоритмів, але зафіксуйте, як методи підвищують безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти захист без лабораторних умов.

## **6. Інтеграція мехатронних систем у мережу автомобіля**

При опрацюванні питання інтеграції мехатронних систем у мережу автомобіля студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх зв'язок. Використовуйте запити типу «integration of mechatronic systems in vehicles» або «automotive network integration» для пошуку статей і відео. Почніть із інтеграції через CAN-шину, яка об'єднує датчики швидкості та актуатори в системах ABS. Шукайте анімації на YouTube, що показують передачу даних до ECU.

Далі, досліджуйте FlexRay для ADAS, де лідари і камери інтегруються через високошвидкісні канали. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють зв'язок із центральними комп'ютерами. Зверніть увагу на LIN для допоміжних систем, як керування клімат-контролем. Проаналізуйте, як інтеграція забезпечує синхронізацію. Уникайте складних протоколів, але зафіксуйте, як мережі підвищують ефективність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти інтеграцію без лабораторних умов.

## **7. Взаємодія мехатронних систем із зовнішнім середовищем**

При вивченні питання взаємодії мехатронних систем із зовнішнім середовищем студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що описують ці процеси. Використовуйте запити типу «mechatronic systems external communication» або «vehicle-to-everything V2X» для пошуку статей і відео. Почніть із систем V2X, які забезпечують зв'язок автомобіля з іншими транспортними засобами через CAN і FlexRay. Шукайте

анімації на YouTube, що демонструють передачу даних про швидкість і траєкторію.

Далі, досліджуйте взаємодію з інфраструктурою (V2I), де датчики передають дані до хмарних серверів через 5G. У технічних блогах доступні схеми, що показують обмін із дорожніми датчиками. Зверніть увагу на V2P для безпеки пішоходів, де камери ADAS взаємодіють із зовнішніми сигналами. Проаналізуйте, як взаємодія підвищує безпеку. Уникайте складних алгоритмів, але зафіксуйте, як зв'язок оптимізує реакцію. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти взаємодію без лабораторних умов.

## **8. Використання бездротових технологій у транспортних системах**

При опрацюванні питання використання бездротових технологій у транспортних системах студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують їх застосування. Використовуйте запити типу «wireless technologies in automotive systems» або «V2X wireless communication» для пошуку статей і відео. Почніть із 5G для V2X, що забезпечує швидкий обмін даними між автомобілями. Шукайте анімації на YouTube, що показують передачу даних для координації руху.

Далі, досліджуйте Wi-Fi і Bluetooth у телематиці, де датчики тиску в шинах (TPMS) передають дані до ECU. У технічних блогах доступні схеми, що ілюструють бездротовий зв'язок у системах моніторингу. Зверніть увагу на DSRC для безпеки на перехрестях. Проаналізуйте, як бездротові технології підвищують гнучкість. Уникайте складних протоколів, але зафіксуйте, як вони оптимізують системи. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти технології без лабораторних умов.

### **Питання для самоперевірки**

1. Як мехатроніка забезпечує інтеграцію ДВЗ та електродвигуна в гібридних авто?
2. Яким чином рекуперативне гальмування працює в гібридних транспортних засобах?
3. Як датчики синхронізують дросельну заслінку з електроприводом?
4. Яка роль штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю гібридів?

5. Як забезпечується надійність систем охолодження батарей у гібридних авто?
6. Які приклади моделювання гібридних систем у MATLAB/Simulink?
7. Як модульність спрощує заміну компонентів у гібридних транспортних засобах?
8. Яким чином системи V2X підвищують ефективність гібридних авто?
9. Як ECU координує роботу двигунів у гібридних транспортних засобах?
10. Які виклики виникають при інтеграції мехатронних систем у гібридах?

## **2.2.8 Тема 8. Автоматизовані системи допомоги водієві (ADAS)**

### **1. Основи систем ADAS та їх роль у підвищенні безпеки**

Для вивчення основ систем ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи та вплив на безпеку автотранспортних засобів. Використовуйте пошукові запити типу «ADAS systems overview» або «advanced driver assistance safety» для пошуку статей, наукових публікацій і відео. Почніть із розуміння, що ADAS об'єднує датчики, камери, радары і алгоритми для підтримки водія. Шукайте анімації на YouTube, які демонструють, як системи, такі як автоматичне екстремне гальмування (AEB) чи контроль сліпих зон, запобігають аваріям. У PDF-документах із технічних сайтів, таких як SAE чи IEEE, зверніть увагу на статистику зниження аварійності завдяки ADAS – наприклад, дослідження показують зменшення зіткнень на 30-50% у системах із AEB.

Досліджуйте роль ADAS у підвищенні безпеки: від моніторингу навколишнього середовища до попередження про небезпеку. У технічних блогах, таких як Automotive World, доступні приклади, як системи розпізнавання пішоходів зменшують ризик наїзду. Проаналізуйте, як ADAS інтегрується з ECU через CAN-шину для обробки даних у реальному часі. Зверніть увагу на етичні аспекти, наприклад, як системи приймають рішення в критичних ситуаціях. Уникай-

те складних математичних моделей, але зафіксуйте, як ADAS знижує людський фактор у аваріях. Для кращого розуміння шукайте відео з демонстраціями роботи систем на тестових полігонах. Це допоможе візуалізувати їхню роль у підвищенні безпеки без лабораторних умов. Пошук схем і документації у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, сприятиме глибшому засвоєнню матеріалу.

## **2. Камери, радары, лідары та їх застосування в ADAS**

Для опрацювання питання камер, радарів і лідарів у системах ADAS у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх функціонування. Використовуйте запити типу «cameras radars lidars in ADAS» або «sensors for driver assistance systems» для пошуку статей і відео. Почніть із камер, які застосовуються для розпізнавання дорожніх знаків і пішоходів. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як камери з високою роздільною здатністю обробляють зображення для систем утримання в смузі (ЛКА). У PDF-документах із технічних сайтів, таких як Bosch чи Continental, зверніть увагу на їхню інтеграцію з ECU для обробки даних.

Далі, досліджуйте радары, які використовуються в адаптивному круїз-контролі (ACC) для вимірювання відстані до інших транспортних засобів. У технічних блогах доступні схеми, що показують, як радары на частоті 77 ГГц виявляють об'єкти в складних погодних умовах. Зосередьтеся на лідарах, які створюють 3D-карти оточення для автономного водіння. Шукайте відео, що ілюструють їхню роботу в системах АЕВ. Проаналізуйте, як ці датчики взаємодіють для підвищення безпеки, наприклад, комбінуючи дані камер і радарів у системах моніторингу сліпих зон. Уникайте складних алгоритмів обробки сигналів, але зафіксуйте, як датчики забезпечують точність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як IEEE Xplore, допоможе зрозуміти їх застосування без лабораторних умов. Відеодемонстрації тестових поїздок із ADAS додадуть практичного розуміння.

## **3. Інтелектуальні алгоритми обробки даних сенсорів**

Для вивчення інтелектуальних алгоритмів обробки даних сенсорів у ADAS у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи. Використовуйте запити типу «intelligent sensor data processing ADAS» або

«machine learning in driver assistance» для пошуку статей і відео. Почніть із нейронних мереж, які використовуються для розпізнавання об'єктів камерами, наприклад, пішоходів чи транспортних засобів. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як сверточні нейронні мережі (CNN) аналізують зображення для систем LKA. У PDF-документах із сайтів, як arXiv чи IEEE, зверніть увагу на алгоритми комп'ютерного зору.

Далі, досліджуйте алгоритми злиття даних (sensor fusion), які комбінують інформацію від камер, радарів і лідарів для точного виявлення об'єктів у системах АЕВ. У технічних блогах, таких як Towards Data Science, доступні приклади, як алгоритми Kalman-фільтрів обробляють дані в реальному часі. Зосередьтеся на машинному навчанні для адаптивного круїз-контролю, де алгоритми прогнозують рух транспорту. Проаналізуйте, як ці методи підвищують точність і швидкість реакції. Уникайте складних математичних викладок, але зафіксуйте, як алгоритми сприяють безпеці. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями обробки даних у реальних сценаріях додадуть практичної цінності.

#### **4. Автоматичне екстрене гальмування (АЕВ)**

Для опрацювання питання автоматичного екстреного гальмування (АЕВ) у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують його функціонування. Використовуйте запити типу «automatic emergency braking ADAS» або «АЕВ system operation» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як АЕВ використовує радари і камери для виявлення перешкод, наприклад, транспортних засобів чи пішоходів. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як система активує гальма за мілісекунди при загрозі зіткнення. У PDF-документах із технічних сайтів, таких як NHTSA чи Euro NCAP, зверніть увагу на статистику зниження аварійності – АЕВ зменшує зіткнення на 40%.

Далі, досліджуйте інтеграцію АЕВ з ECU через CAN-шину, де алгоритми обробки даних від сенсорів визначають критичну відстань. У технічних блогах, таких як Autocar, доступні приклади, як АЕВ працює в міських умовах із низькою швидкістю. Зосередьтеся на ролі алгоритмів злиття даних для точного виявлення об'єктів. Проаналізуйте, як АЕВ підвищує безпеку, зменшуючи ризик людської по-

милки. Уникайте складних розрахунків кінематики, але зафіксуйте, як система оптимізує реакцію. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як SAE, допоможе зрозуміти АЕВ без лабораторних умов. Відео з тестів АЕВ на полігонах додадуть практичного розуміння.

### **5. Системи утримання в смузі (LKA) та адаптивний круїз-контроль (ACC)**

Для вивчення систем утримання в смузі (LKA) та адаптивного круїз-контролю (ACC) у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи. Використовуйте запити типу «lane keeping assist ADAS» або «adaptive cruise control operation» для пошуку статей і відео. Почніть із LKA, яка використовує камери для виявлення розмітки та коригує кермо через електроприводи. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як алгоритми комп'ютерного зору аналізують смуги для утримання автомобіля в межах дороги. У PDF-документах із сайтів, як Bosch чи SAE, зверніть увагу на інтеграцію LKA з ECU.

Далі, досліджуйте ACC, який використовує радары і лідари для регулювання швидкості залежно від дистанції до інших транспортних засобів. У технічних блогах, таких як Car and Driver, доступні приклади, як ACC підтримує безпечну відстань на шосе. Зосередьтеся на алгоритмах PID, що керують прискоренням і гальмуванням. Проаналізуйте, як LKA та ACC підвищують безпеку і комфорт водіння. Уникайте складних математичних моделей, але зафіксуйте, як системи знижують навантаження на водія. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як IEEE, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з реальними тестами LKA та ACC додадуть практичного розуміння.

### **6. Паркувальні асистенти та автоматичне паркування**

Для опрацювання питання паркувальних асистентів та автоматичного паркування у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх функціонування. Використовуйте запити типу «parking assist ADAS» або «automated parking systems» для пошуку статей і відео. Почніть із паркувальних асистентів, які використовують ультразвукові датчики для виявлення перешкод. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як системи вимірюють відстань до об'єктів і попереджають водія звуковими сиг-

налами. У PDF-документах із сайтів, як Valeo чи Bosch, зверніть увагу на інтеграцію датчиків із дисплеями.

Далі, досліджуйте автоматичне паркування, де камери, радары і алгоритми дозволяють автомобілю самостійно маневрувати. У технічних блогах, таких як Motor Trend, доступні приклади, як системи розпізнають паркувальні місця за допомогою комп'ютерного зору. Зосередьтеся на інтеграції з електроприводами керма та ECU через CAN-шину. Проаналізуйте, як ці системи підвищують зручність і безпеку в міських умовах. Уникайте складних алгоритмів планування траєкторії, але зафіксуйте, як автоматизація зменшує помилки водія. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями автоматичного паркування додадуть практичного розуміння.

## **7. Виклики та обмеження впровадження ADAS у сучасних АТЗ**

Для вивчення викликів і обмежень впровадження ADAS у сучасних автотранспортних засобах у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують ці аспекти. Використовуйте запити типу «challenges of ADAS implementation» або «limitations of driver assistance systems» для пошуку статей і відео. Почніть із високої вартості датчиків, таких як лідари, що обмежує їх застосування в бюджетних автомобілях. Шукайте відео на YouTube, що демонструють, як погодні умови, як дощ чи туман, знижують ефективність радарів і камер. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на проблеми обробки даних у реальному часі.

Далі, досліджуйте обмеження алгоритмів, які можуть некоректно розпізнавати об'єкти в складних сценаріях, наприклад, при нечіткій розмітці для LKA. У технічних блогах, таких як Automotive News, доступні приклади кіберзагроз, що впливають на безпеку ADAS. Зосередьтеся на етичних дилемах, як-от рішення системи в критичних ситуаціях. Проаналізуйте, як ці виклики впливають на масове впровадження. Уникайте складних технічних аналізів, але зафіксуйте, як обмеження гальмують прогрес. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти проблеми без лабо-

раторних умов. Відео з тестів ADAS у складних умовах додадуть практичного розуміння.

## **8. Перспективи розвитку ADAS у контексті автономного транспорту**

Для опрацювання питання перспектив розвитку ADAS у контексті автономного транспорту у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що прогнозують тенденції. Використовуйте запити типу «future of ADAS in autonomous vehicles» або «trends in driver assistance systems» для пошуку статей і відео. Почніть із інтеграції ADAS із системами автономного водіння рівня 3-5, де лідари і AI забезпечують повну автоматизацію. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як системи V2X координують рух без участі водія. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи SAE, зверніть увагу на прогнози щодо зниження вартості лідарів.

Далі, досліджуйте роль AI у вдосконаленні алгоритмів для LKA і ACC, які еволюціонують до повного автопілота. У технічних блогах, таких як TechCrunch, доступні приклади використання хмарних обчислень для обробки даних у реальному часі. Зосередьтеся на розвитку 5G для швидкого зв'язку V2X. Проаналізуйте, як ці тенденції наближають автономний транспорт. Уникайте складних прогнозів, але зафіксуйте, як ADAS сприяє безпеці та автономності. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як arXiv, допоможе зрозуміти перспективи без лабораторних умов. Відео з тестами автономних автомобілів додадуть практичного розуміння.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які мехатронні системи входять до складу ADAS в автономних автомобілях?
2. Як лідари та радары взаємодіють із системами керування в реальному часі?
3. Яким чином штучний інтелект обробляє дані від камер для автономного водіння?
4. Як забезпечується надійність і відмовостійкість в автономних системах?
5. Які приклади моделювання автономних систем у MATLAB/Simulink?
6. Як системи V2X сприяють безпеці автономних транспортних за-

собів?

7. Яким чином багаторівнева архітектура застосовується в автономних авто?
8. Як датчики та актуатори синхронізуються в системах утримання смуги?
9. Які виклики виникають при інтеграції мехатроніки в автономні системи?
10. Як телематика підвищує ефективність автономних транспортних засобів?

## **2.2.9 Тема 9. Автономні транспортні засоби та штучний інтелект**

### **1. Рівні автономності транспортних засобів за SAE**

При вивченні питання рівнів автономності транспортних засобів за стандартом SAE у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють класифікацію SAE J3016. Використовуйте пошукові запити типу «SAE levels of vehicle autonomy» або «SAE J3016 autonomous driving levels» для пошуку статей, офіційних документів і відео. Почніть із розуміння шести рівнів: від 0 (без автоматизації, де водій контролює все) до 5 (повна автономія, де система керує в усіх умовах без втручання людини). Шукайте анімації на YouTube, що демонструють приклади кожного рівня, наприклад, рівень 1 з адаптивним круїз-контролем (ACC), де система допомагає з одним аспектом керування. У PDF-документах із офіційного сайту SAE International зверніть увагу на детальний опис вимог до кожного рівня, як рівень 2 комбінує ACC з утриманням в смугі (LKA), але вимагає постійної уваги водія.

Далі, досліджуйте перехідні рівні: рівень 3 (умовна автономія), де система керує в певних умовах, але водій повинен бути готовий втрутитися, як у системах Tesla Autopilot. У технічних блогах, таких як Automotive News, доступні приклади рівня 4 (висока автономія), де транспортний засіб самостійно справляється в обмежених зонах, наприклад, у роботаксі Waymo. Зосередьтеся на рівні 5, де немає потреби в органах керування для людини. Проаналізуйте, як ці рівні впливають на безпеку та регулювання, наприклад, зменшення аварій на вищих рівнях завдяки AI. Уникайте складних технічних специ-

фікацій, але зафіксуйте, як SAE класифікація визначає еволюцію технологій. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти рівні без лабораторних умов. Відео з демонстраціями транспортних засобів на різних рівнях додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення стандарту, оскільки SAE періодично переглядає J3016. Це дозволить оцінити прогрес у впровадженні рівнів у комерційних автомобілях, як рівень 3 у Mercedes Drive Pilot. Загалом, фокус на пошуку ілюстрацій допоможе візуалізувати, як рівні автономності перетворюють традиційне водіння на інтелектуальне.

## **2. Основні алгоритми штучного інтелекту для автономного водіння**

При вивченні питання основних алгоритмів штучного інтелекту для автономного водіння у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх застосування. Використовуйте пошукові запити типу «AI algorithms for autonomous driving» або «machine learning in self-driving cars» для пошуку статей, наукових публікацій і відео. Почніть із глибокого навчання (deep learning), яке використовується для розпізнавання об'єктів у системах комп'ютерного зору. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як сверточні нейронні мережі (CNN) аналізують зображення від камер для виявлення пішоходів чи дорожніх знаків. У PDF-документах із сайтів, як arXiv чи IEEE, зверніть увагу на моделі, такі як YOLO для реального часу розпізнавання.

Далі, досліджуйте алгоритми планування траєкторії, наприклад, A\* або RRT, що використовуються для навігації в автономних автомобілях. У технічних блогах, таких як Medium чи Towards Data Science, доступні приклади, як ці алгоритми обчислюють оптимальний шлях, враховуючи дані від лідарів. Зосередьтеся на алгоритмах прийняття рішень, як Markov Decision Processes (MDP), для вибору дій у динамічному середовищі. Проаналізуйте, як AI алгоритми, такі як reinforcement learning, навчаються на симуляціях для вдосконалення водіння. Уникайте складних математичних формул, але зафіксуйте, як алгоритми забезпечують точність і швидкість реакції. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями AI в симуляторах, як CARLA, додадуть практичного розуміння. Для ак-

туальності на 2025 рік шукайте оновлення в алгоритмах, таких як transformer models для кращої обробки даних. Це дозволить оцінити, як AI перетворює дані сенсорів на інтелектуальні рішення для безпечного автономного водіння.

### **3. Системи комп'ютерного зору та нейронні мережі**

При вивченні питання систем комп'ютерного зору та нейронних мереж у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх застосування в автономних транспортних засобах. Використовуйте пошукові запити типу «computer vision in autonomous vehicles» або «neural networks for self-driving cars» для пошуку статей і відео. Почніть із систем комп'ютерного зору, які використовують камери для розпізнавання об'єктів, наприклад, дорожніх знаків чи пішоходів. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як алгоритми сегментації зображень розділяють сцену на об'єкти для безпечного маневрування. У PDF-документах із сайтів, як arXiv чи IEEE, зверніть увагу на моделі, такі як U-Net для семантичної сегментації.

Далі, досліджуйте нейронні мережі, зокрема сверточні (CNN), що обробляють зображення для виявлення перешкод. У технічних блогах, таких як Towards Data Science, доступні приклади, як ResNet покращує точність розпізнавання в реальному часі. Зосередьтеся на рекурентних нейронних мережах (RNN) для прогнозування траєкторій об'єктів. Проаналізуйте, як ці системи інтегруються з датчиками для підвищення безпеки. Уникайте складних архітектур, але зафіксуйте, як нейронні мережі оптимізують обробку даних. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями в симуляторах додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в моделях, як Vision Transformers.

### **4. Карти високої точності та навігаційні технології**

При вивченні питання карт високої точності та навігаційних технологій у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх роль в автономних транспортних засобах. Використовуйте пошукові запити типу «high-definition maps for autonomous driving» або «navigation technologies in self-driving cars» для пошуку статей і відео. Почніть із HD-карт, які

містять детальну інформацію про дороги, розмітку і перешкоди. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як HD-карти поєднуються з GPS для точного позиціонування з точністю до сантиметрів. У PDF-документах із сайтів, як Here Technologies чи TomTom, зверніть увагу на створення карт за допомогою лідарів і камер.

Далі, досліджуйте навігаційні технології, такі як RTK-GPS, що використовують корекцію сигналів для високої точності. У технічних блогах, таких як GPS World, доступні приклади, як SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) будує карти в реальному часі. Зосередьтеся на інтеграції з V2X для динамічного оновлення карт. Проаналізуйте, як ці технології підвищують безпеку навігації. Уникайте складних алгоритмів, але зафіксуйте, як карти оптимізують маршрут. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти технології без лабораторних умов. Відео з тестами автономної навігації додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в хмарних картах.

## **5. Зв'язок між автономними транспортними засобами та інфраструктурою (V2X)**

При вивченні питання зв'язку між автономними транспортними засобами та інфраструктурою (V2X) у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють його принципи. Використовуйте пошукові запити типу «V2X in autonomous vehicles» або «vehicle-to-infrastructure communication» для пошуку статей і відео. Почніть із V2I, де автомобілі обмінюються даними з дорожньою інфраструктурою, наприклад, світлофорами для оптимізації руху. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як 5G забезпечує швидкий зв'язок для попередження про затори. У PDF-документах із сайтів, як 5GAA чи IEEE, зверніть увагу на стандарти, такі як DSRC.

Далі, досліджуйте V2V, де транспортні засоби координують дії, наприклад, для уникнення зіткнень. У технічних блогах, таких як Connected Car News, доступні приклади, як V2X інтегрується з ADAS для спільного планування траєкторій. Зосередьтеся на V2P для безпеки пішоходів через смартфони. Проаналізуйте, як V2X підвищує ефективність і безпеку. Уникайте складних протоколів, але зафіксуйте, як зв'язок оптимізує трафік. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти V2X без лабора-

торних умов. Відео з тестами V2X у смарт-містах додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в 6G технологіях.

## **6. Етичні та правові аспекти автономного транспорту**

При вивченні питання етичних та правових аспектів автономного транспорту у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують ці питання. Використовуйте пошукові запити типу «ethical issues in autonomous vehicles» або «legal aspects of self-driving cars» для пошуку статей і відео. Почніть з етичних дилем, таких як «тролейбусна проблема», де AI вирішує, кого рятувати в аварії. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють сценарії вибору в автономних системах. У PDF-документах із сайтів, як MIT чи Stanford, зверніть увагу на фреймворки етики, як у MIT Moral Machine.

Далі, досліджуйте правові аспекти, наприклад, відповідальність за аварії – хто винен: виробник чи власник? У технічних блогах, таких як LegalTech, доступні приклади регуляцій, як у ЄС General Safety Regulation. Зосередьтеся на конфіденційності даних від сенсорів. Проаналізуйте, як ці аспекти впливають на впровадження. Уникайте складних юридичних текстів, але зафіксуйте, як регуляції забезпечують безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти аспекти без лабораторних умов. Відео з дискусій про етику додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в законах про автономний транспорт.

## **7. Виклики впровадження автономних транспортних засобів у міському середовищі**

При вивченні питання викликів впровадження автономних транспортних засобів у міському середовищі у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують ці проблеми. Використовуйте пошукові запити типу «challenges of autonomous vehicles in urban areas» або «urban autonomous driving issues» для пошуку статей і відео. Почніть з складності міського трафіку, де AI повинен справлятися з пішоходами, велосипедистами і непередбачуваними ситуаціями. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють тести в містах, як у Waymo. У PDF-

документах із сайтів, як Urban Mobility Institute, зверніть увагу на проблеми з інфраструктурою, як відсутність V2I.

Далі, досліджуйте виклики датчиків у забруднених умовах, наприклад, дощ чи бруд, що впливає на лідари. У технічних блогах, таких як CityLab, доступні приклади регуляторних бар'єрів і громадської прийнятності. Зосередьтеся на кібербезпеці в густонаселених зонах. Проаналізуйте, як ці виклики гальмують впровадження. Уникайте складних моделей, але зафіксуйте, як вони впливають на безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти виклики без лабораторних умов. Відео з урбаністичних тестів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в пілотних проєктах.

## **8. Перспективи розвитку автономних транспортних систем**

При вивченні питання перспектив розвитку автономних транспортних систем у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що прогнозують тенденції. Використовуйте пошукові запити типу «future of autonomous transportation systems» або «trends in self-driving technology 2025» для пошуку статей і відео. Почніть з інтеграції AI з 6G для швидкого V2X зв'язку, що дозволить повну автономію в містах. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють майбутні системи, як флот роботаксі. У PDF-документах із сайтів, як McKinsey чи Deloitte, зверніть увагу на прогнози зростання ринку до 2030 року.

Далі, досліджуйте розвиток стійких алгоритмів для складних умов, наприклад, з використанням quantum computing. У технічних блогах, таких як Futurism, доступні приклади хмарної навігації. Зосередьтеся на етичних фреймворках для масового впровадження. Проаналізуйте, як перспективи вплинуть на транспорт. Уникайте спекуляцій, але зафіксуйте, як інновації підвищують ефективність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти перспективи без лабораторних умов. Відео з концептами майбутнього транспорту додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в проєктах, як Tesla Full Self-Driving.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які мехатронні системи входять до складу ABS і ESP?

2. Як датчики швидкості сприяють запобіганню заносу автомобіля?
3. Яким чином системи ADAS підвищують безпеку на дорогах?
4. Як штучний інтелект обробляє дані для розпізнавання пішоходів?
5. Які методи тестування застосовуються для забезпечення надійності систем безпеки?
6. Як моделювання в MATLAB/Simulink використовується для систем безпеки?
7. Яким чином гідравлічні клапани взаємодіють із ECU в гальмівних системах?
8. Як системи V2X сприяють підвищенню безпеки на дорогах?
9. Які виклики виникають при впровадженні мехатронних систем безпеки?
10. Як дублюючі системи підвищують відмовостійкість у ADAS?

## **2.2.10 Тема 10. Гібридні та електричні силові установки**

### **1. Основні типи гібридних та електричних силових установок**

Для вивчення основних типів гібридних та електричних силових установок у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню класифікацію та принципи роботи. Використовуйте пошукові запити типу «types of hybrid electric powertrains» або «electric vehicle powertrain systems» для пошуку статей, наукових публікацій і відео. Почніть із розуміння основних типів гібридних систем: паралельні, послідовні та паралельно-послідовні (plug-in hybrid). Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як у паралельних гібридах (наприклад, Toyota Prius) двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) і електродвигун спільно приводять колеса. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на схеми послідовних гібридів, де ДВЗ генерує енергію для електродвигуна, як у Chevrolet Volt.

Далі, досліджуйте електричні силові установки, що використовують виключно електродвигуни, як у Tesla Model 3, із живленням від акумуляторів. У технічних блогах, таких як InsideEVs, доступні приклади, як електродвигуни забезпечують високий крутний момент. Зосередьтеся на порівнянні гібридів (HEV, PHEV) та повністю електричних систем (BEV) за ефективністю та викидами. Проаналізуйте,

як ці установки впливають на економію палива та екологічність, наприклад, скорочення CO<sub>2</sub> у BEV на 50-70% порівняно з ДВЗ. Уникайте складних розрахунків енергетичних потоків, але зафіксуйте, як типи установок відповідають різним потребам водіїв. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями роботи гібридних і електричних систем у реальних умовах, наприклад, тест-драйви, додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення про нові моделі, як BYD Han EV, і прогрес у технологіях силових установок. Це дозволить оцінити, як гібридні та електричні системи трансформують сучасний транспорт.

## **2. Взаємодія мехатронних систем з електроприводами**

Для опрацювання питання взаємодії мехатронних систем з електроприводами у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх інтеграцію. Використовуйте запити типу «mechatronics in electric vehicle powertrains» або «electric drive integration» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як мехатронні системи, що поєднують електроніку, механіку та програмне забезпечення, керують електродвигунами. Шукайте анімації на YouTube, які демонструють, як електронні блоки керування (ECU) через CAN-шину регулюють роботу електродвигунів у Tesla Model S. У PDF-документах із сайтів, як Bosch чи IEEE, зверніть увагу на схеми, що ілюструють зв'язок між інверторами та електродвигунами.

Далі, досліджуйте роль датчиків, таких як енкодери, що контролюють оберти електродвигунів у гібридних системах, наприклад, у Honda Clarity. У технічних блогах, таких як Electrek, доступні приклади, як мехатронні системи оптимізують крутний момент для плавного прискорення. Зосередьтеся на інтеграції з системами ADAS, де електроприводи реагують на сигнали від радарів для адаптивного круїз-контролю. Проаналізуйте, як взаємодія підвищує точність і ефективність, зменшуючи втрати енергії на 10-15%. Уникайте складних електротехнічних розрахунків, але зафіксуйте, як мехатроніка забезпечує синхронізацію. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти взаємодію без лабораторних умов. Відео з тест-драйвів електромобілів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення про інтеграцію з AI для оптимізації електроприводів. Це дозволить оцінити, як

мехатронні системи підвищують продуктивність електричних силових установок у сучасних автомобілях.

### **3. Системи керування енергоефективністю**

Для вивчення систем керування енергоефективністю у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню роль у гібридних та електричних автомобілях. Використовуйте запити типу «energy management systems in electric vehicles» або «powertrain efficiency control» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як системи керування енергоефективністю (EMS) оптимізують розподіл енергії між акумулятором, електродвигуном і допоміжними системами. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як EMS у Tesla Model Y регулює витрати енергії для максимізації дальності ходу. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на алгоритми, які балансують навантаження, наприклад, у системах рекуперативного гальмування.

Далі, досліджуйте інтеграцію EMS з ECU через CAN-шину, що дозволяє реагувати на дані від датчиків у реальному часі. У технічних блогах, таких як CleanTechnica, доступні приклади, як EMS у гібридах, як Toyota RAV4 Hybrid, перемикає режими між ДВЗ і електродвигуном для економії палива. Зосередьтеся на алгоритмах прогнозування, які використовують AI для оптимізації енергоспоживання. Проаналізуйте, як EMS підвищує ефективність на 15-20%, зменшуючи викиди. Уникайте складних математичних моделей, але зафіксуйте, як системи сприяють економії. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями EMS у реальних умовах додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в AI-алгоритмах для EMS, як у нових моделях BYD. Це дозволить оцінити, як системи керування енергоефективністю сприяють сталому транспорту.

### **4. Технології рекуперативного гальмування**

Для опрацювання питання технологій рекуперативного гальмування у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх функціонування. Використовуйте запити типу «regenerative braking in electric vehicles» або «energy re-

covery systems in hybrids» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як рекуперативне гальмування перетворює кінетичну енергію автомобіля на електричну для зарядки акумулятора. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як електродвигун у Tesla Model 3 працює як генератор під час гальмування. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на схеми інверторів, що керують потоком енергії до батареї.

Далі, досліджуйте інтеграцію рекуперативного гальмування з мехатронними системами, такими як ECU, які регулюють гальмівну силу через CAN-шину. У технічних блогах, таких як Green Car Reports, доступні приклади, як рекуперация в гібридах, як Nissan Leaf, підвищує дальність ходу на 10-20%. Зосередьтеся на алгоритмах, які балансують рекуперацию та гідравлічне гальмування. Проаналізуйте, як технологія зменшує знос гальмівних колодок і підвищує ефективність. Уникайте складних розрахунків енергії, але зафіксуйте, як рекуперация сприяє економії. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти технологію без лабораторних умов. Відео з тест-драйвів електромобілів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в рекуперативних системах, як у нових моделях Rivian. Це дозволить оцінити, як технології сприяють енергоефективності транспорту.

## **5. Інтеграція акумуляторних систем та їх керування**

Для вивчення інтеграції акумуляторних систем та їх керування у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню роль у гібридних та електричних автомобілях. Використовуйте запити типу «battery management systems in EVs» або «electric vehicle battery integration» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як системи керування батареями (BMS) контролюють заряд, розряд і температуру акумуляторів, наприклад, у Tesla Model X. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як BMS через CAN-шину обмінюється даними з ECU для захисту літій-іонних батарей. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи SAE, зверніть увагу на схеми, що ілюструють моніторинг стану заряду (SoC) і стану здоров'я (SoH).

Далі, досліджуйте інтеграцію акумуляторів із силовими установками, де BMS оптимізує подачу енергії до електродвигунів. У технічних блогах, таких як Battery University, доступні приклади, як BMS

у Nissan Leaf запобігає перезаряду. Зосередьтеся на алгоритмах балансування елементів батареї для рівномірного зносу. Проаналізуйте, як BMS підвищує дальність ходу та безпеку, зменшуючи ризик перегріву. Уникайте складних електрохімічних моделей, але зафіксуйте, як системи керування оптимізують продуктивність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти інтеграцію без лабораторних умов. Відео з демонстраціями роботи BMS додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в технологіях твердотільних батарей. Це дозволить оцінити, як BMS сприяє надійності електромобілів.

## **6. Особливості мехатронних рішень у водневих автомобілях**

Для вивчення особливостей мехатронних рішень у водневих автомобілях у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню специфіку. Використовуйте запити типу «mechatronics in hydrogen fuel cell vehicles» або «hydrogen vehicle powertrain systems» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як мехатронні системи керують паливними елементами, що генерують електроенергію з водню, наприклад, у Toyota Mirai. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як ECU регулює подачу водню до паливного елемента через датчики тиску. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на схеми інтеграції паливних елементів із електродвигунами.

Далі, досліджуйте роль BMS у водневих автомобілях, що контролює акумулятори для буферного зберігання енергії. У технічних блогах, таких як Hydrogen Fuel News, доступні приклади, як мехатронні системи в Hyundai Nexo оптимізують енергоефективність. Зосередьтеся на датчиках безпеки, що моніторять витoki водню. Проаналізуйте, як мехатроніка забезпечує надійність і ефективність, знижуючи викиди до нуля. Уникайте складних хімічних розрахунків, але зафіксуйте, як системи сприяють сталості. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти рішення без лабораторних умов. Відео з тест-драйвів водневих автомобілів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в технологіях паливних елементів. Це дозволить оцінити, як мехатроніка сприяє розвитку водневих автомобілів.

## **7. Системи термоконтролю акумуляторних батарей**

Для вивчення систем термоконтролю акумуляторних батарей у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню роль у гібридних та електричних автомобілях. Використовуйте запити типу «battery thermal management in EVs» або «thermal control systems for batteries» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як системи термоконтролю підтримують оптимальну температуру батарей (15-35°C) для забезпечення ефективності та довговічності. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як рідинне охолодження в Tesla Model 3 відводить тепло від акумуляторів. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на схеми систем повітряного та рідинного охолодження.

Далі, досліджуйте інтеграцію термоконтролю з BMS, яка моніторить температуру через датчики. У технічних блогах, таких як InsideEVs, доступні приклади, як системи в BMW i4 використовують теплові насоси для обігріву батарей у холодних умовах. Зосередьтеся на захисті від перегріву та переохолодження, що подовжує термін служби батареї на 20-30%. Проаналізуйте, як термоконтроль підвищує безпеку, запобігаючи тепловому розгону. Уникайте складних теплових розрахунків, але зафіксуйте, як системи оптимізують продуктивність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти термоконтроль без лабораторних умов. Відео з тестами батарей додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в технологіях теплового насоса. Це дозволить оцінити, як термоконтроль сприяє надійності електромобілів.

## **8. Виклики та перспективи розвитку електромобільності**

Для вивчення викликів та перспектив розвитку електромобільності у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують сучасні тенденції. Використовуйте запити типу «challenges of electromobility» або «future of electric vehicles 2025» для пошуку статей і відео. Почніть із викликів: висока вартість батарей, обмежена інфраструктура зарядних станцій і тривалість зарядки. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як швидке зарядження (DC fast charging) у Volvo EX90 скорочує час до 30 хвилин. У PDF-документах із сайтів, як McKinsey чи Deloitte,

зверніть увагу на прогнози зростання мережі зарядних станцій до 2030 року.

Далі, досліджуйте перспективи, такі як твердотільні батареї, що обіцяють вищу щільність енергії та безпеку. У технічних блогах, таких як Electrek, доступні приклади, як AI оптимізує маршрути для економії заряду. Зосередьтеся на розвитку V2G (Vehicle-to-Grid), що дозволяє електромобілям повертати енергію в мережу. Проаналізуйте, як електромобільність зменшує викиди CO<sub>2</sub> на 40-60%. Уникайте спекулятивних прогнозів, але зафіксуйте, як інновації сприяють сталості. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти перспективи без лабораторних умов. Відео з тестами нових технологій додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в державних програмах підтримки електромобільності. Це дозволить оцінити, як електромобільність трансформує транспорт.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які мехатронні системи забезпечують роботу адаптивних підвісок?
2. Як датчики температури синхронізуються з клімат-контролем?
3. Яким чином системи автоматичного паркування підвищують комфорт водія?
4. Як штучний інтелект застосовується в інтелектуальних сидіннях?
5. Які методи тестування використовуються для сенсорів кліматичних систем?
6. Як моделювання в MATLAB/Simulink оптимізує системи комфорту?
7. Яким чином актуатори регулюють жорсткість адаптивних підвісок?
8. Як телематика сприяє персоналізації комфорту в автомобілях?
9. Які виклики виникають при впровадженні систем комфорту?
10. Як модульність спрощує обслуговування систем комфорту?

## **2.2.11 Тема 11. Вбудовані системи та інтернет речей (ІоТ) в АТЗ**

### **1. Основи вбудованих систем у транспортних засобах**

Для вивчення основ вбудованих систем у транспортних засобах у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню роль в автотранспортних засобах (АТЗ). Використовуйте пошукові запити типу «embedded systems in automotive» або «vehicle embedded control systems» для пошуку статей, наукових публікацій і відео. Почніть із розуміння, що вбудовані системи – це спеціалізовані комп'ютери, які керують окремими функціями автомобіля, наприклад, ECU (Electronic Control Units) у системах ABS чи ESP. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як мікроконтролери обробляють дані від датчиків швидкості в реальному часі. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на архітектуру вбудованих систем, що включає мікропроцесори, пам'ять і периферійні пристрої.

Далі, досліджуйте приклади вбудованих систем, таких як системи управління двигуном (EMS) у Tesla Model 3, де вони оптимізують паливну ефективність. У технічних блогах, як Embedded.com, доступні схеми, що ілюструють зв'язок ECU через CAN-шину. Зосередьтеся на їхній ролі в інтеграції з ADAS, наприклад, для обробки даних від камер. Проаналізуйте, як вбудовані системи підвищують надійність і швидкість реакції, знижуючи затримки до мілісекунд. Уникайте складних схемотехнічних деталей, але зафіксуйте, як системи забезпечують функціональність АТЗ. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями роботи ECU в автомобілях додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в технологіях мікроконтролерів, як ARM Cortex для автомобільних систем. Це дозволить оцінити, як вбудовані системи трансформують сучасні АТЗ у напрямку автономності та ефективності.

## **2. Операційні системи реального часу (RTOS) для мехатроніки**

Для опрацювання питання операційних систем реального часу (RTOS) для мехатроніки у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх застосування в АТЗ. Використовуйте запити типу «RTOS in automotive systems» або «real-time operating systems for mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, що RTOS забезпечують виконання задач із су-

ворими часовими обмеженнями, наприклад, у системах ABS, де затримка не перевищує мілісекунд. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як RTOS, такі як FreeRTOS, керують завданнями в ECU для обробки даних від датчиків. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи RTOS.com, зверніть увагу на принципи планування задач у RTOS, таких як пріоритетне планування.

Далі, досліджуйте приклади RTOS у автомобілях, як QNX у системах BlackBerry для ADAS, що обробляють дані від радарів. У технічних блогах, таких як Embedded Computing Design, доступні схеми, що показують, як RTOS інтегруються з CAN-шиною для швидкої реакції. Зосередьтеся на їх ролі в синхронізації мехатронних систем, наприклад, у рекуперативному гальмуванні. Проаналізуйте, як RTOS підвищують надійність, знижуючи ризик збоїв.

Уникайте складних алгоритмів планування, але зафіксуйте, як RTOS оптимізують продуктивність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями RTOS у симуляторах додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в RTOS для автономного водіння, як AUTOSAR Adaptive. Це дозволить оцінити, як RTOS сприяють безпеці та ефективності мехатронних систем.

### **3. Програмно-апаратні платформи для автомобільних систем**

Для вивчення програмно-апаратних платформ для автомобільних систем у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню архітектуру та застосування. Використовуйте запити типу «automotive software hardware platforms» або «embedded platforms for vehicles» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, що програмно-апаратні платформи, як NVIDIA Drive чи Renesas R-Car, інтегрують мікропроцесори, пам'ять і програмне забезпечення для обробки даних у реальному часі. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як платформи обробляють дані від лідарів для ADAS у Tesla. У PDF-документах із сайтів, як NVIDIA чи SAE, зверніть увагу на архітектуру платформ, що включає GPU для AI-задач.

Далі, досліджуйте платформи, такі як AUTOSAR, що стандартизують програмне забезпечення для ECU. У технічних блогах, як

Automotive World, доступні приклади, як платформи в BMW іХ підтримують інтеграцію з V2X. Зосередьтеся на їх ролі в обробці великих обсягів даних, наприклад, від камер для автономного водіння. Проаналізуйте, як платформи підвищують гнучкість і масштабованість систем, скорочуючи час розробки на 20%. Уникайте складних схемотехнічних деталей, але зафіксуйте, як платформи забезпечують сумісність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями платформ у симуляторах додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в платформах, як Qualcomm Snapdragon Ride. Це дозволить оцінити, як програмно-апаратні платформи сприяють розвитку АТЗ.

#### **4. Взаємодія мехатронних систем із хмарними сервісами**

Для опрацювання питання взаємодії мехатронних систем із хмарними сервісами у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх інтеграцію в АТЗ. Використовуйте запити типу «cloud integration in automotive mechatronics» або «vehicle cloud computing» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як хмарні сервіси, такі як AWS чи Azure, обробляють дані від автомобільних систем для аналізу та оновлення програмного забезпечення. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як дані від ECU у Tesla передаються через 5G до хмари для діагностики. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи SAE, зверніть увагу на схеми зв'язку через API для обробки телеметричних даних.

Далі, досліджуйте приклади, як хмарні сервіси підтримують OTA (Over-The-Air) оновлення для ADAS у Volvo XC40. У технічних блогах, як TechCrunch, доступні ілюстрації, як хмара оптимізує маршрути на основі даних V2X. Зосередьтеся на ролі хмар у прогнозуванні поломок через аналіз великих даних. Проаналізуйте, як взаємодія підвищує ефективність і знижує витрати на обслуговування на 15%. Уникайте складних моделей обробки даних, але зафіксуйте, як хмари забезпечують гнучкість. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти взаємодію без лабораторних умов. Відео з демонстраціями OTA-оновлень додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в хмарних платформах для автономних автомобілів. Це дозволить оцінити, як хмарні сервіси трансформують мехатронні системи.

## **5. Інтернет речей (IoT) у транспорті: можливості та виклики**

Для вивчення питання Інтернету речей (IoT) у транспорті у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують його можливості та виклики. Використовуйте запити типу «IoT in transportation» або «Internet of Things in automotive systems» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як IoT об'єднує датчики, автомобілі та інфраструктуру через 5G для збору даних, наприклад, про стан дороги. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як IoT у BMW iX передає дані про тиск у шинах до хмарних сервісів. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи IoT World, зверніть увагу на приклади, як IoT оптимізує трафік через V2X.

Далі, досліджуйте виклики, такі як кібербезпека та обмежена пропускна здатність мереж. У технічних блогах, як IoT For All, доступні ілюстрації, як IoT підвищує ефективність логістики на 10-15%. Зосередьтеся на можливостях, як прогнозування поломок через аналіз даних із датчиків. Проаналізуйте, як IoT сприяє сталості, але створює ризики атак. Уникайте складних мережевих протоколів, але зафіксуйте, як IoT оптимізує транспорт. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти IoT без лабораторних умов. Відео з тестами IoT у смарт-містах додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в стандартах IoT, як NB-IoT. Це дозволить оцінити, як IoT трансформує транспортну галузь.

## **6. Технології віддаленого моніторингу та діагностики**

Для опрацювання питання технологій віддаленого моніторингу та діагностики у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх застосування в АТЗ. Використовуйте запити типу «remote monitoring in automotive» або «vehicle diagnostics IoT» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як системи віддаленого моніторингу, наприклад, у Ford F-150, використовують датчики для збору даних про стан двигуна чи акумулятора. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як телеметричні дані передаються через 5G до хмарних сервісів для аналізу. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на схеми, що ілюструють зв'язок ECU з хмарними платформами.

Далі, досліджуйте діагностичні системи, які прогнозують поломки, як у Tesla, через аналіз даних із датчиків. У технічних блогах, як Automotive News, доступні приклади, як віддалена діагностика знижує витрати на обслуговування на 20%. Зосередьтеся на інтеграції з IoT для реального часу моніторингу. Проаналізуйте, як ці технології підвищують надійність і зменшують простой.

Уникайте складних алгоритмів діагностики, але зафіксуйте, як системи оптимізують сервіс. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти технології без лабораторних умов. Відео з демонстраціями віддаленої діагностики додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в AI-діагностиці. Це дозволить оцінити, як віддалений моніторинг трансформує обслуговування АТЗ.

## **7. Проблеми безпеки даних та захист від кібератак**

Для вивчення проблем безпеки даних та захисту від кібератак у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують кібербезпеку в АТЗ. Використовуйте запити типу «cybersecurity in automotive IoT» або «vehicle data security» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння ризиків, як несанкціонований доступ до ECU через CAN-шину, що може вплинути на ADAS. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як шифрування захищає дані в системах V2X. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи SAE, зверніть увагу на методи захисту, як AES-шифрування.

Далі, досліджуйте приклади атак, як злом OTA-оновлень у Tesla. У технічних блогах, як Security Week, доступні ілюстрації, як системи виявлення вторгнень (IDS) захищають автомобільні мережі. Зосередьтеся на ролі блокчейну для забезпечення цілісності даних. Проаналізуйте, як кібербезпека знижує ризики атак на 30-40%.

Уникайте складних криптографічних алгоритмів, але зафіксуйте, як захист забезпечує безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти кібербезпеку без лабораторних умов. Відео з тестами захисту від атак додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в стандартах, як ISO/SAE 21434. Це дозволить оцінити, як кібербезпека захищає IoT у транспорті.

## 8. Перспективи розвитку IoT у транспортній галузі

Для вивчення перспектив розвитку IoT у транспортній галузі у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що прогнозують тенденції. Використовуйте запити типу «future of IoT in transportation» або «IoT trends in automotive 2025» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як IoT інтегруватиме автономні автомобілі з розумними містами через 6G для швидкого обміну даними. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як IoT у Waymo оптимізує маршрути в реальному часі. У PDF-документах із сайтів, як McKinsey чи IEEE, зверніть увагу на прогнози зростання IoT-ринку до 2030 року.

Далі, досліджуйте потенціал IoT у логістиці, наприклад, для управління флотами електромобілів через хмарні платформи. У технічних блогах, як IoT Now, доступні приклади, як AI та IoT прогнозують попит на зарядні станції. Зосередьтеся на інтеграції з V2G для енергетичної ефективності. Проаналізуйте, як IoT підвищить сталість, зменшуючи викиди на 20%. Уникайте спекулятивних прогнозів, але зафіксуйте, як IoT трансформує транспорт. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти перспективи без лабораторних умов. Відео з концептами IoT у смарт-містах додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в технологіях edge computing для IoT. Це дозволить оцінити, як IoT змінює транспортну галузь.

### Питання для самоперевірки

1. Як рекуперативне гальмування сприяє енергоефективності автомобілів?
2. Яким чином системи Start-Stop економлять паливо?
3. Як датчики тиску оптимізують електронне впорскування палива?
4. Яка роль штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю?
5. Які методи моделювання застосовуються для аналізу енергоефективності?
6. Як системи V2X сприяють зниженню енергоспоживання?
7. Яким чином сенсори струму оптимізують роботу електродвигунів?
8. Як забезпечується надійність енергоефективних мехатронних систем?
9. Які приклади симуляції енергоефективності в MATLAB/Simulink?

10. Які виклики виникають при впровадженні енергоефективних систем?

### **2.2.12 Тема 12. Моделювання та віртуальні випробування мехатронних систем**

#### **1. Основні методи комп'ютерного моделювання мехатронних систем**

Для вивчення основних методів комп'ютерного моделювання мехатронних систем у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхні принципи та застосування. Використовуйте пошукові запити типу «computer modeling of mechatronic systems» або «simulation methods for mechatronics» для пошуку статей, наукових публікацій і відео.

Почніть із розуміння основних методів, таких як моделювання на основі фізичних принципів (Physics-Based Modeling) і кінцевих елементів (Finite Element Analysis, FEA). Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як FEA в ANSYS моделює напруження в мехатронних компонентах, наприклад, у електродвигунах. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи ResearchGate, зверніть увагу на методи моделювання динаміки систем, таких як Simscape у MATLAB.

Далі, досліджуйте методи системного моделювання, як Model-Based Design (MBD), що використовується для інтеграції механічних, електричних і програмних компонентів, наприклад, у системах ABS автомобілів. У технічних блогах, як MathWorks, доступні приклади, як MBD прогнозує поведінку гібридних силових установок. Зосередьтеся на їх ролі в аналізі взаємодії компонентів, що знижує помилки на 20-30%. Уникайте складних математичних виводів, але зафіксуйте, як методи підвищують точність.

Пошук схем і відео у відкритих джерелах, таких як ResearchGate, допоможе зрозуміти моделювання без лабораторних умов. Відео з демонстраціями симуляцій у Simulink додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в інструментах, як Siemens NX, для моделювання автономних систем. Це дозволить оцінити, як методи комп'ютерного моделювання трансформують розробку мехатронних систем.

## **2. Використання MATLAB/Simulink для аналізу динаміки систем**

Для опрацювання питання використання MATLAB/Simulink для аналізу динаміки мехатронних систем у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх можливості. Використовуйте запити типу «MATLAB Simulink for mechatronics» або «dynamic system simulation in Simulink» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як MATLAB/Simulink моделює динаміку систем, наприклад, електродвигунів у Tesla, через бібліотеки Simscape. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як Simulink симулює поведінку гібридної силової установки. У PDF-документах із сайтів, як MathWorks чи IEEE, зверніть увагу на приклади моделювання систем керування, таких як PID-регулятори для ABS.

Далі, досліджуйте інструменти Simulink, як Control System Toolbox, для аналізу стабільності систем. У технічних блогах, як MATLAB Central, доступні приклади, як Simulink моделює взаємодію датчиків і актуаторів у ADAS. Зосередьтеся на їх ролі в прогнозуванні динаміки, що скорочує час тестування на 25%. Уникайте складних диференціальних рівнянь, але зафіксуйте, як Simulink забезпечує точність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти інструмент без лабораторних умов. Відео з тьюралами MATLAB додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в Simulink для моделювання автономних систем. Це дозволить оцінити, як MATLAB/Simulink сприяє розробці мехатронних систем.

## **3. Віртуальні стенди для тестування мехатронних компонентів**

Для вивчення віртуальних стендів для тестування мехатронних компонентів у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню роль. Використовуйте запити типу «virtual test benches for mechatronics» або «simulation testing in automotive» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як віртуальні стенди, наприклад, у dSPACE, симулюють роботу компонентів, як електродвигуни, без фізичних прототипів. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як стенди тестують ECU для ABS у віртуальному середовищі. У PDF-документах із

сайтів, як SAE чи dSPACE, зверніть увагу на принципи Hardware-in-the-Loop (HIL) тестування.

Далі, досліджуйте, як віртуальні стенди імітують реальні умови, наприклад, вібрації чи температуру, для перевірки надійності. У технічних блогах, як Automotive Testing Technology, доступні приклади, як HIL у Ford знижує витрати на тестування на 30%. Зосередьтеся на їх ролі в інтеграції програмного забезпечення з апаратним забезпеченням. Проаналізуйте, як стенди підвищують точність тестів.

Уникайте складних конфігурацій HIL, але зафіксуйте, як вони оптимізують розробку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти стенди без лабораторних умов. Відео з демонстраціями HIL-тестів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в технологіях віртуального тестування. Це дозволить оцінити, як стенди прискорюють розробку мехатронних систем.

#### **4. Цифрові двійники та їх роль у розробці мехатронних систем**

Для опрацювання питання цифрових двійників у розробці мехатронних систем у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх застосування. Використовуйте запити типу «digital twins in mechatronics» або «digital twin for automotive systems» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, що цифровий двійник – це віртуальна модель системи, наприклад, електродвигуна Tesla, яка оновлюється в реальному часі через IoT. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як цифрові двійники в Siemens Simcenter прогнозують знос компонентів. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи Siemens, зверніть увагу на приклади використання двійників для симуляції ADAS.

Далі, досліджуйте, як цифрові двійники інтегрують дані від датчиків для аналізу продуктивності. У технічних блогах, як Digital Twin Insider, доступні приклади, як двійники в BMW оптимізують тестування силових установок. Зосередьтеся на їх ролі в прогнозуванні поломки, що знижує витрати на 15-20%. Проаналізуйте, як двійники прискорюють розробку. Уникайте складних моделей даних, але зафіксуйте, як двійники підвищують точність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти їхню роботу без лабораторних умов. Відео з демонстраціями цифрових двій-

ників додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в хмарних двійниках для автономних систем. Це дозволить оцінити, як цифрові двійники трансформують розробку.

### **5. Чисельні методи оптимізації мехатронних систем**

Для вивчення чисельних методів оптимізації мехатронних систем у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхні алгоритми. Використовуйте запити типу «numerical optimization in mechatronics» або «optimization methods for automotive systems» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння методів, як градієнтний спуск чи генетичні алгоритми, що оптимізують параметри, наприклад, PID-регуляторів у ABS. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як MATLAB оптимізує динаміку електродвигуна. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи ResearchGate, зверніть увагу на методи, як Particle Swarm Optimization (PSO), для підвищення ефективності.

Далі, досліджуйте приклади, як чисельні методи в ANSYS оптимізують вагу компонентів у гібридних автомобілях. У технічних блогах, як Towards Data Science, доступні ілюстрації, як методи знижують енергоспоживання на 10-15%. Зосередьтеся на їх ролі в балансуванні продуктивності та вартості. Проаналізуйте, як методи прискорюють проектування. Уникайте складних математичних виводів, але зафіксуйте, як вони підвищують точність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти методи без лабораторних умов. Відео з демонстраціями оптимізації в MATLAB додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в AI-оптимізації. Це дозволить оцінити, як чисельні методи трансформують проектування мехатронних систем.

### **6. Випробування систем у віртуальному середовищі**

Для опрацювання питання випробувань систем у віртуальному середовищі у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх методологію. Використовуйте запити типу «virtual testing of mechatronic systems» або «automotive system simulation» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як віртуальні середовища, наприклад, CARLA чи Simulink, тестують системи, як ADAS, у симульованих умовах. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як віртуальні тести в IPG CarMaker моде-

люють поведінку автомобіля в дощі. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на принципи Software-in-the-Loop (SIL) тестування.

Далі, досліджуйте, як віртуальні середовища імітують реальні сценарії, наприклад, зіткнення чи маневри, для перевірки безпеки. У технічних блогах, як Automotive World, доступні приклади, як віртуальні тести в Waymo знижують витрати на 25%. Зосередьтеся на їх ролі в оцінці продуктивності без фізичних прототипів. Проаналізуйте, як тести підвищують надійність. Уникайте складних конфігурацій симуляцій, але зафіксуйте, як вони оптимізують розробку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти тести без лабораторних умов. Відео з демонстраціями симуляцій додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в симуляторах для автономних систем. Це дозволить оцінити, як віртуальні випробування трансформують розробку.

## **7. Валідація та верифікація моделей мехатронних систем**

Для вивчення валідації та верифікації моделей мехатронних систем у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхні принципи. Використовуйте запити типу «validation and verification in mechatronics» або «V&V for automotive systems» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, що верифікація перевіряє, чи модель побудована правильно (наприклад, у Simulink), а валідація – чи відповідає вона реальній системі, як ABS. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як верифікація в MATLAB перевіряє коректність коду ECU. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на методи, як Monte Carlo, для валідації.

Далі, досліджуйте приклади, як валідація в dSPACE порівнює симуляції з реальними тестами електродвигунів. У технічних блогах, як Embedded.com, доступні ілюстрації, як V&V знижує помилки на 20%. Зосередьтеся на їх ролі в забезпеченні безпеки автономних систем. Проаналізуйте, як V&V підвищують надійність. Уникайте складних статистичних методів, але зафіксуйте, як вони забезпечують точність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти процеси без лабораторних умов. Відео з демонстраціями V&V додадуть практичного розуміння. Для актуальності на

2025 рік шукайте оновлення в автоматизованих V&V. Це дозволить оцінити, як валідація та верифікація забезпечують якість моделей.

## **8. Вплив віртуального моделювання на скорочення часу розробки**

Для опрацювання питання впливу віртуального моделювання на скорочення часу розробки у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують його переваги. Використовуйте запити типу «virtual modeling impact on development time» або «simulation in mechatronics development» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як віртуальне моделювання, наприклад, у Simulink чи ANSYS, дозволяє тестувати системи без фізичних прототипів. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як симуляції в CARLA скорочують час розробки ADAS на 30%. У PDF-документах із сайтів, як McKinsey чи SAE, зверніть увагу на приклади, як моделювання прискорює розробку електродвигунів.

Далі, досліджуйте, як віртуальне моделювання інтегрує цифрові двійники для прогнозування поведінки систем. У технічних блогах, як Automotive World, доступні ілюстрації, як моделювання в Tesla знижує час розробки на 20-40%. Зосередьтеся на економії ресурсів через зменшення фізичних тестів. Проаналізуйте, як моделювання підвищує ефективність. Уникайте складних економічних розрахунків, але зафіксуйте, як воно оптимізує процеси. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти вплив без лабораторних умов. Відео з прикладами симуляцій додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в хмарному моделюванні. Це дозволить оцінити, як віртуальне моделювання трансформує розробку мехатронних систем.

### **Питання для самоперевірки**

1. Яким чином ECU зчитує коди помилок у мехатронних системах?
2. Як прогнозний моніторинг підвищує надійність автомобільних систем?
3. Яка роль телематики в моніторингу стану мехатронних систем?
4. Як штучний інтелект застосовується в діагностиці гальмівних систем?
5. Які методи тестування сенсорів використовуються для діагностики?

6. Як моделювання в MATLAB/Simulink допомагає в прогнозуванні поломок?
7. Яким чином сенсори температури сприяють діагностиці батарей?
8. Як системи V2X інтегруються в процеси моніторингу?
9. Які виклики виникають при діагностиці мехатронних систем?
10. Як стандартизація компонентів спрощує діагностичні процедури?

### **2.2.13 Тема 13. Діагностика та технічне обслуговування мехатронних систем**

#### **1. Методи діагностики мехатронних систем транспортних засобів**

Для вивчення методів діагностики мехатронних систем транспортних засобів у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхні принципи. Використовуйте пошукові запити типу «diagnostics of mechatronic systems in vehicles» або «automotive mechatronics diagnostics» для пошуку статей, наукових публікацій і відео.

Почніть із розуміння основних методів, таких як діагностика на основі датчиків (сенсорна) і аналіз кодів помилок через OBD-II. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як ECU в Toyota Corolla зчитує дані з датчиків для виявлення несправностей. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на методи, як аналіз сигналів CAN-шини для діагностики електродвигунів.

Далі, досліджуйте методи, як аналіз трендів (Trend Analysis), що використовуються для прогнозування зносу компонентів, наприклад, у гібридних системах Tesla. У технічних блогах, як Automotive World, доступні приклади, як діагностика виявляє проблеми в ABS. Зосередьтеся на ролі діагностики в забезпеченні безпеки та ефективності, знижуючи ризик поломок на 20-30%. Уникайте складних алгоритмів обробки сигналів, але зафіксуйте, як методи підвищують надійність.

Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти діагностику без лабораторних умов. Відео з демонстраціями діагностичних процесів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в діагностичних стандартах, як UDS. Це дозволить оцінити, як методи діагностики трансформують обслуговування мехатронних систем.

## **2. Бортові системи самодіагностики (OBD-II, UDS)**

Для опрацювання питання бортових систем самодіагностики (OBD-II, UDS) у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх функціонування. Використовуйте запити типу «OBD-II diagnostics» або «UDS automotive diagnostics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як OBD-II зчитує коди помилок (DTC) через ECU для виявлення несправностей, наприклад, у двигуні Ford Focus. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як OBD-II сканери відображають дані в реальному часі. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи ISO, зверніть увагу на стандарти UDS, що забезпечують детальну діагностику через CAN-шину.

Далі, досліджуйте, як UDS у BMW 3 Series підтримує розширену діагностику, наприклад, для ADAS. У технічних блогах, як Car and Driver, доступні приклади, як OBD-II виявляє проблеми з викидами. Зосередьтеся на їх ролі в забезпеченні відповідності екологічним стандартам, знижуючи штрафи.

Проаналізуйте, як системи підвищують ефективність діагностики на 25%. Уникайте складних протоколів зв'язку, але зафіксуйте, як OBD-II і UDS спрощують ремонт. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти системи без лабораторних умов. Відео з демонстраціями сканерів OBD-II додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в стандартах UDS для електромобілів. Це дозволить оцінити, як системи самодіагностики оптимізують обслуговування.

## **3. Використання штучного інтелекту в системах технічного обслуговування**

Для вивчення використання штучного інтелекту (ШІ) в системах технічного обслуговування у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують його застосування. Використовуйте запити типу «AI in automotive maintenance» або «machine learning for vehicle diagnostics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як ШІ, наприклад, у системах Tesla, аналізує дані від датчиків для прогнозування поломок.

Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як нейронні мережі виявляють аномалії в роботі акумуляторів. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи SAE, зверніть увагу на алгоритми машинного навчання, як Random Forest, для діагностики.

Далі, досліджуйте, як ШІ оптимізує графіки обслуговування, наприклад, у Volvo, через аналіз телеметричних даних. У технічних блогах, як TechCrunch, доступні приклади, як ШІ знижує витрати на ремонт на 15-20%. Зосередьтеся на ролі ШІ в прогнозуванні зносу компонентів, як гальмівні колодки.

Проаналізуйте, як ШІ підвищує ефективність. Уникайте складних моделей ШІ, але зафіксуйте, як вони оптимізують сервіс. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти ШІ без лабораторних умов. Відео з демонстраціями ШІ-діагностики додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в ШІ для автономних автомобілів. Це дозволить оцінити, як ШІ трансформує технічне обслуговування.

#### **4. Вібраційна діагностика та аналіз акустичних сигналів**

Для опрацювання питання вібраційної діагностики та аналізу акустичних сигналів у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх методи. Використовуйте запити типу «vibration diagnostics in vehicles» або «acoustic signal analysis in mechatronics» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як вібраційна діагностика виявляє несправності, наприклад, у підшипниках електродвигунів Tesla, через аналіз вібрацій. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як акселерометри вимірюють вібрації. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи SAE, зверніть увагу на методи, як FFT (Fast Fourier Transform), для аналізу частот.

Далі, досліджуйте аналіз акустичних сигналів для виявлення шумів у трансмісії, наприклад, у BMW i4. У технічних блогах, як Vibration Research, доступні приклади, як діагностика знижує поломки на 20%. Зосередьтеся на ролі датчиків у моніторингу вібрацій і звуків. Проаналізуйте, як методи підвищують надійність. Уникайте складних спектральних аналізів, але зафіксуйте, як вони виявляють дефекти.

Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти методи без лабораторних умов. Відео з демонстраціями вібраційних тестів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в сенсорах для вібраційної діагностики. Це дозволить оцінити, як методи трансформують обслуговування мехатронних систем.

## **5. Діагностичні сканери та їх застосування**

Для вивчення діагностичних сканерів та їх застосування у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх функціонування. Використовуйте запити типу «automotive diagnostic scanners» або «OBD-II scanner applications» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як сканери, наприклад, Autel MaxiCOM, зчитують коди помилок через OBD-II для діагностики ECU в автомобілях, як Honda Civic. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як сканери відображають дані в реальному часі. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи Bosch, зверніть увагу на принципи роботи сканерів із CAN-шиною.

Далі, досліджуйте застосування сканерів для діагностики ADAS чи гібридних систем, наприклад, у Tesla Model Y. У технічних блогах, як ScanTool, доступні приклади, як сканери спрощують ремонт на 30%. Зосередьтеся на їх ролі в швидкому виявленні несправностей. Проаналізуйте, як сканери підвищують ефективність сервісу. Уникайте складних технічних деталей, але зафіксуйте, як вони оптимізують діагностику. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти сканери без лабораторних умов. Відео з демонстраціями роботи сканерів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в бездротових сканерах для електромобілів. Це дозволить оцінити, як сканери трансформують діагностику.

## **6. Алгоритми прогнозної аналітики для технічного обслуговування**

Для опрацювання питання алгоритмів прогнозної аналітики для технічного обслуговування у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх принципи. Використовуйте запити типу «predictive maintenance algorithms» або «prognostics in automotive systems» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як алгоритми прогнозної аналітики, наприклад, у системах Ford, використовують дані датчиків для передбачення поломок. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як машинне навчання прогнозує знос акумуляторів. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи SAE, зверніть увагу на методи, як регресійний аналіз, для оцінки стану компонентів.

Далі, досліджуйте приклади, як прогнозна аналітика в Tesla знижує простої через аналіз телеметричних даних. У технічних блогах, як Towards Data Science, доступні ілюстрації, як алгоритми скорочують витрати на 20%. Зосередьтеся на ролі ШІ в прогнозуванні поломок гальмівних систем.

Проаналізуйте, як методи підвищують надійність. Уникайте складних математичних моделей, але зафіксуйте, як аналітика оптимізує сервіс. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти алгоритми без лабораторних умов. Відео з демонстраціями прогносної аналітики додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в алгоритмах для електромобілів. Це дозволить оцінити, як прогнозна аналітика трансформує обслуговування.

## **7. Програмне забезпечення для моніторингу стану мехатронних систем**

Для вивчення програмного забезпечення для моніторингу стану мехатронних систем у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що описують їх функціонал. Використовуйте запити типу «software for mechatronic system monitoring» або «automotive condition monitoring tools» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як ПЗ, наприклад, Bosch Automotive Service Solutions, моніторить стан ECU через телеметричні дані. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як ПЗ відображає стан акумуляторів у реальному часі. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи Bosch, зверніть увагу на принципи роботи ПЗ з CAN-шиною.

Далі, досліджуйте ПЗ, як MATLAB Diagnostic Toolbox, для аналізу даних від датчиків у гібридних системах, наприклад, у Toyota Prius. У технічних блогах, як Embedded.com, доступні приклади, як ПЗ знижує час діагностики на 25%. Зосередьтеся на ролі ПЗ в інтеграції з хмарними сервісами для моніторингу.

Проаналізуйте, як ПЗ підвищує ефективність. Уникайте складних конфігурацій ПЗ, але зафіксуйте, як воно оптимізує моніторинг. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти ПЗ без лабораторних умов. Відео з демонстраціями інтерфейсів ПЗ додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025

рік шукайте оновлення в хмарних ПЗ для електромобілів. Це дозволить оцінити, як ПЗ трансформує моніторинг.

### **8. Вплив діагностики на зниження експлуатаційних витрат**

Для опрацювання питання впливу діагностики на зниження експлуатаційних витрат у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують її переваги. Використовуйте запити типу «diagnostics impact on vehicle operating costs» або «automotive maintenance cost reduction» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як діагностика, наприклад, у Ford F-150, виявляє несправності до їх критичного прояву. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як OBD-II діагностика скорочує витрати на ремонт. У PDF-документах із сайтів, як McKinsey чи SAE, зверніть увагу на приклади, як діагностика знижує простой на 20%.

Далі, досліджуйте, як прогнозна діагностика в Tesla оптимізує графіки обслуговування через телеметрію. У технічних блогах, як Automotive News, доступні ілюстрації, як діагностика знижує витрати на 15-25%. Зосередьтеся на ролі ШІ та IoT у зменшенні витрат на паливо та запчастини. Проаналізуйте, як діагностика підвищує ефективність. Уникайте складних економічних розрахунків, але зафіксуйте, як вона оптимізує витрати.

Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти вплив без лабораторних умов. Відео з прикладами діагностики додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в хмарній діагностиці. Це дозволить оцінити, як діагностика трансформує експлуатацію.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке системи V2X та як вони застосовуються в мехатроніці?
2. Яким чином телематика забезпечує обмін даними в реальному часі?
3. Як датчики GPS інтегруються в телематичні системи?
4. Яка роль штучного інтелекту в обробці телематичних даних?
5. Як забезпечується захист телематичних систем від кіберзагроз?
6. Які приклади моделювання зв'язності в MATLAB/Simulink?
7. Як телематика підвищує безпеку мехатронних систем?
8. Яким чином модулі зв'язку синхронізуються з ECU?
9. Які виклики виникають при впровадженні телематичних систем?

10. Як телематика сприяє прогнозуванню трафіку в автомобілях?

### **2.2.14 Тема 14. Надійність та безпека мехатронних систем АТЗ**

#### **1. Основні фактори, що впливають на надійність мехатронних систем**

Для вивчення основних факторів, що впливають на надійність мехатронних систем автотранспортних засобів (АТЗ) у дистанційному форматі, студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхню природу. Використовуйте пошукові запити типу «reliability factors in mechatronic systems» або «automotive mechatronics reliability» для пошуку статей, наукових публікацій і відео.

Почніть із розуміння ключових факторів: якість компонентів, температурні впливи, вібрації та програмні помилки. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як деградація датчиків у Tesla впливає на ADAS. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на аналіз впливу умов експлуатації, як вологість, на ECU.

Далі, досліджуйте приклади, як ненадійність компонентів у гібридних системах Toyota Prius може призвести до збоїв. У технічних блогах, як Embedded.com, доступні схеми, що показують вплив вібрацій на мікроконтролери. Зосередьтеся на ролі тестування для зниження відмов на 20-30%.

Унікайте складних статистичних моделей, але зафіксуйте, як фактори впливають на термін служби. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти надійність без лабораторних умов.

Відео з тестами компонентів додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в матеріалах для електромобілів, як ARM Cortex. Це дозволить оцінити, як фактори впливають на надійність мехатронних систем.

#### **2. Аналіз відмов та методи підвищення безвідмовності**

Для опрацювання питання аналізу відмов та методів підвищення безвідмовності мехатронних систем у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх методо-

логію. Використовуйте запити типу «failure analysis in mechatronics» або «reliability improvement in automotive systems» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння методів, як FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), що ідентифікує потенційні відмови ECU в BMW. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як FMEA аналізує збої датчиків ABS. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на методи підвищення безвідмовності, як резервування компонентів.

Далі, досліджуйте приклади, як аналіз відмов у Volvo XC40 допомагає оптимізувати програмне забезпечення. У технічних блогах, як Reliability Engineering, доступні схеми, що показують, як методи знижують відмови на 25%. Зосередьтеся на ролі профілактичного тестування. Проаналізуйте, як методи підвищують надійність.

Уникайте складних статистичних розрахунків, але зафіксуйте, як аналіз зменшує збої. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти методи без лабораторних умов. Відео з демонстраціями FMEA додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в методах AI-аналізу відмов. Це дозволить оцінити, як аналіз відмов трансформує надійність систем.

### **3. Проектування мехатронних систем з урахуванням безпеки**

Для вивчення проектування мехатронних систем з урахуванням безпеки у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють принципи безпечного дизайну. Використовуйте запити типу «safety design in mechatronics» або «automotive safety engineering» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як принципи безпеки, наприклад, у стандарті ISO 26262, застосовуються до проектування ECU для ADAS у Tesla. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як безпечний дизайн запобігає збоєм гальмівних систем. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи ISO, зверніть увагу на методи, як HAZOP, для оцінки ризиків.

Далі, досліджуйте приклади, як безпечний дизайн у Mercedes S-Class інтегрує резервні системи для автономного водіння. У технічних блогах, як Automotive World, доступні схеми, що показують, як безпека знижує аварійність на 20%. Зосередьтеся на ролі аналізу ризиків у проектуванні.

Проаналізуйте, як безпека підвищує надійність. Уникайте складних методологій оцінки, але зафіксуйте, як дизайн забезпечує захист. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти проектування без лабораторних умов. Відео з демонстраціями безпечного дизайну додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в стандартах безпеки. Це дозволить оцінити, як безпечний дизайн трансформує системи.

#### **4. Захист від несанкціонованого втручання та кібератак**

Для опрацювання питання захисту від несанкціонованого втручання та кібератак у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують кібербезпеку в АТЗ. Використовуйте запити типу «cybersecurity in automotive systems» або «protection against vehicle cyberattacks» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння ризиків, як несанкціонований доступ до ECU через CAN-шину в Tesla. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як шифрування AES захищає дані V2X. У PDF-документах із сайтів, як IEEE чи SAE, зверніть увагу на методи захисту, як системи виявлення вторгнень (IDS).

Далі, досліджуйте приклади, як захист у BMW запобігає зламу OTA-оновлень. У технічних блогах, як Security Week, доступні ілюстрації, як блокчейн забезпечує цілісність даних. Зосередьтеся на ролі кібербезпеки в зниженні ризиків атак на 30%. Проаналізуйте, як захист підвищує безпеку.

Уникайте складних криптографічних алгоритмів, але зафіксуйте, як методи забезпечують захист. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти кібербезпеку без лабораторних умов. Відео з тестами захисту додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в стандартах ISO/SAE 21434. Це дозволить оцінити, як захист трансформує безпеку систем.

#### **5. Функціональна безпека згідно з ISO 26262**

Для вивчення функціональної безпеки згідно з ISO 26262 у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють цей стандарт. Використовуйте запити типу «ISO 26262 functional safety» або «automotive safety standards» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як ISO 26262 визна-

чає вимоги до безпеки ECU, наприклад, у Volkswagen ID.4. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як ASIL (Automotive Safety Integrity Level) оцінює ризики для ADAS. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи ISO, зверніть увагу на принципи аналізу безпеки, як HARA (Hazard Analysis and Risk Assessment).

Далі, досліджуйте приклади, як ISO 26262 застосовується до гальмівних систем у Audi Q7. У технічних блогах, як Automotive Safety, доступні схеми, що показують, як стандарт знижує ризики аварій на 25%. Зосередьтеся на ролі сертифікації безпеки. Проаналізуйте, як стандарт підвищує надійність.

Уникайте складних процедур оцінки ризиків, але зафіксуйте, як ISO 26262 забезпечує безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти стандарт без лабораторних умов. Відео з демонстраціями ASIL додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в ISO 26262 для автономних систем. Це дозволить оцінити, як стандарт трансформує безпеку.

## **6. Методи тестування та сертифікації мехатронних систем**

Для опрацювання питання методів тестування та сертифікації мехатронних систем у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх методологію. Використовуйте запити типу «testing mechatronic systems» або «automotive system certification» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння методів, як Hardware-in-the-Loop (HIL), що тестує ECU в dSPACE для Ford. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як HIL симулює умови для ABS. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на стандарти сертифікації, як ISO 26262.

Далі, досліджуйте приклади, як сертифікація в Tesla забезпечує відповідність безпеки для ADAS. У технічних блогах, як Automotive Testing Technology, доступні ілюстрації, як тестування знижує дефекти на 20%. Зосередьтеся на ролі віртуального тестування в сертифікації. Проаналізуйте, як методи підвищують надійність.

Уникайте складних процедур сертифікації, але зафіксуйте, як вони забезпечують якість. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти тестування без лабораторних умов. Відео з демонстраціями HIL-тестів додадуть практичного ро-

зуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в автоматизованих тестах. Це дозволить оцінити, як тестування трансформує сертифікацію.

### **7. Резервування та дублювання в критичних системах**

Для вивчення резервування та дублювання в критичних мехатронних системах у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їх принципи. Використовуйте запити типу «redundancy in mechatronic systems» або «backup systems in automotive» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як резервування, наприклад, у гальмівних системах Mercedes, забезпечує безпеку при збоях. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як дублювання ECU підтримує ADAS у Tesla. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на методи, як hot standby, для критичних систем.

Далі, досліджуйте приклади, як резервування в Waymo забезпечує безперебійну роботу автономних систем. У технічних блогах, як Embedded Computing, доступні схеми, що показують, як дублювання знижує ризики збоїв на 30%. Зосередьтеся на ролі резервування в підвищенні безпеки. Проаналізуйте, як методи підвищують надійність.

Уникайте складних схем резервування, але зафіксуйте, як вони забезпечують стабільність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти резервування без лабораторних умов. Відео з демонстраціями дублювання додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в резервуванні для автономних автомобілів. Це дозволить оцінити, як резервування трансформує безпеку.

### **8. Стандарти та нормативи в області безпеки мехатронних систем**

Для опрацювання питання стандартів та нормативів у галузі безпеки мехатронних систем у дистанційному форматі студентам слід звернутися до відкритих джерел, що описують їх вимоги. Використовуйте запити типу «safety standards for mechatronic systems» або «automotive safety regulations» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння ключових стандартів, як ISO 26262 та ISO/SAE 21434, що регулюють безпеку ECU та кібербезпеку в Audi.

Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як стандарти застосовуються до ADAS. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи ISO, зверніть увагу на принципи сертифікації безпеки.

Далі, досліджуйте приклади, як стандарти в Toyota забезпечують відповідність вимогам безпеки для гібридних систем. У технічних блогах, як Automotive Safety, доступні ілюстрації, як стандарти знижують ризики на 20%. Зосередьтеся на ролі нормативів у сертифікації. Проаналізуйте, як стандарти підвищують надійність.

Уникайте складних юридичних деталей, але зафіксуйте, як нормативи забезпечують безпеку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти стандарти без лабораторних умов.

Відео з демонстраціями сертифікації додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в стандартах для автономних автомобілів. Це дозволить оцінити, як нормативи трансформують безпеку.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які мехатронні системи використовуються в автоматизованих коробках передач?
2. Як ECU синхронізується з турбонаддувом у вантажівках?
3. Яким чином телематика оптимізує моніторинг стану комерційного флоту?
4. Як штучний інтелект застосовується для прогнозування поломок вантажівок?
5. Які методи тестування використовуються для систем EBS у комерційних авто?
6. Як моделювання в MATLAB/Simulink оптимізує комерційні системи?
7. Яким чином модульність спрощує обслуговування комерційних авто?
8. Як системи V2X підвищують ефективність комерційних транспортних засобів?
9. Які виклики виникають при впровадженні мехатроніки в вантажівки?
10. Як сенсори сприяють оптимізації роботи двигунів у комерційних авто?

## 2.2.15 Тема 15. Практичне впровадження та оцінка ефективності

### 1. Кейс-стаді: впровадження мехатронних рішень в автомобілебудуванні

Для вивчення кейс-стаді впровадження мехатронних рішень в автомобілебудуванні у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують реальні приклади з галузі.

Використовуйте пошукові запити типу «case studies in automotive mechatronics implementation» або «mechatronics in vehicle manufacturing examples» для пошуку статей, наукових публікацій і відео. Почніть із розуміння кейс-стаді, як впровадження мехатронних систем у Tesla Model 3, де інтеграція електродвигунів, сенсорів і ECU дозволила досягти автономності рівня 2.

Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як мехатроніка в Tesla оптимізує рекуперативне гальмування для підвищення ефективності на 15-20%. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на кейс Toyota Prius, де гібридна силова установка з мехатронними контролерами зменшила витрати палива на 30%.

Далі, досліджуйте кейс BMW i3, де мехатронні рішення інтегрують акумуляторні системи з ADAS для покращення безпеки. У технічних блогах, як Automotive News, доступні приклади, як впровадження в Ford Mustang Mach-E підвищило продуктивність завдяки OTA-оновленням. Зосередьтеся на аналізі етапів впровадження: від моделювання в Simulink до тестування.

Проаналізуйте, як мехатроніка в цих кейсах знижує витрати на виробництво на 10-25%. Уникайте складних економічних розрахунків, але зафіксуйте, як кейс-стаді демонструють переваги. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти впровадження без лабораторних умов.

Відео з презентаціями кейс-стаді додадуть практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в кейсах Rivian R1T, де мехатроніка інтегрує AI для автономності. Це дозволить оцінити, як кейс-стаді трансформують автомобілебудування.

## 2. Методи оцінки ефективності мехатронних систем АТЗ

Для вивчення методів оцінки ефективності мехатронних систем АТЗ у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що пояснюють їхні принципи. Використовуйте пошукові запити типу «efficiency evaluation of mechatronic systems in vehicles» або «automotive mechatronics performance metrics» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння методів, як KPI (Key Performance Indicators), що оцінюють ефективність, наприклад, енергоспоживання в Tesla Model Y. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як моделі в Simulink оцінюють динаміку гібридних систем. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на методи, як аналіз ROI (Return on Investment) для мехатроніки в ADAS.

Далі, досліджуйте приклади, як оцінка ефективності в Toyota Camry Hybrid вимірює економію палива на 25%. У технічних блогах, як Automotive World, доступні схеми, що показують, як методи, як benchmarking, порівнюють системи. Зосередьтеся на ролі симуляцій для оцінки продуктивності.

Проаналізуйте, як методи підвищують ефективність на 10-20%. Уникайте складних математичних розрахунків, але зафіксуйте, як оцінка оптимізує системи. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти методи без лабораторних умов. Відео з демонстраціями оцінки додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в методах AI-оцінки. Це дозволить оцінити, як методи трансформують мехатронні системи.

## 3. Аналіз ринку мехатронних технологій

Для вивчення аналізу ринку мехатронних технологій у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують ринкові тенденції. Використовуйте пошукові запити типу «market analysis of mechatronics technologies» або «automotive mechatronics market trends» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння ринку, як зростання на 8-10% щорічно через електромобілі, наприклад, у Tesla. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють ринкові прогнози від McKinsey. У PDF-документах із сайтів, як Statista чи MarketResearch, зверніть увагу на сегменти, як ADAS, що займають 30% ринку.

Далі, досліджуйте регіональні аспекти, як лідерство Китаю в мехатроніці для BYD. У технічних блогах, як Automotive News, доступні графіки, що показують зростання ринку до \$200 млрд до 2030 року. Зосередьтеся на впливі інновацій, як IoT. Проаналізуйте, як ринок стимулює розвиток.

Уникайте складних економічних моделей, але зафіксуйте, як аналіз допомагає прогнозувати. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти аналіз без лабораторних умов. Відео з ринковими звітами додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в звітах McKinsey. Це дозволить оцінити, як аналіз трансформує галузь.

#### **4. Вплив мехатронних систем на загальну продуктивність АТЗ**

Для вивчення впливу мехатронних систем на загальну продуктивність АТЗ у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують їхню роль. Використовуйте пошукові запити типу «impact of mechatronics on vehicle performance» або «automotive mechatronics efficiency» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як мехатроніка, наприклад, у Porsche Taycan, підвищує продуктивність через інтеграцію електродвигунів і ADAS. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як мехатроніка оптимізує динаміку на 15%. У PDF-документах із сайтів, як SAE чи IEEE, зверніть увагу на приклади, як мехатроніка в Ferrari SF90 зменшує час розгону.

Далі, досліджуйте вплив на економію палива в гібридах, як у Honda Accord Hybrid, де мехатроніка підвищує ефективність на 20%. У технічних блогах, як Car and Driver, доступні схеми, що показують, як мехатроніка впливає на швидкість і стабільність. Зосередьтеся на ролі в автономних системах.

Проаналізуйте, як мехатроніка підвищує продуктивність. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як системи оптимізують АТЗ. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти вплив без лабораторних умов. Відео з тестами додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в електромобілях. Це дозволить оцінити, як мехатроніка трансформує продуктивність.

## **5. Економічна доцільність впровадження мехатроніки**

Для вивчення економічної доцільності впровадження мехатроніки у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують її переваги. Використовуйте пошукові запити типу «economic feasibility of mechatronics in vehicles» або «cost-benefit analysis of automotive mechatronics» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як мехатроніка, наприклад, у Volkswagen ID.4, знижує витрати на обслуговування на 15% через прогнозу діагностику. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як мехатроніка оптимізує паливну ефективність. У PDF-документах із сайтів, як McKinsey чи SAE, зверніть увагу на методи, як аналіз NPV (Net Present Value), для оцінки доцільності.

Далі, досліджуйте приклади, як мехатроніка в Rivian R1S підвищує цінність автомобіля через інновації. У технічних блогах, як Automotive News, доступні графіки, що показують повернення інвестицій на 20-30%. Зосередьтеся на впливі на витрати виробництва. Проаналізуйте, як мехатроніка підвищує конкурентоспроможність. Уникайте складних фінансових моделей, але зафіксуйте, як впровадження зменшує витрати. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти доцільність без лабораторних умов. Відео з кейс-стаді економії додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в звітах McKinsey. Це дозволить оцінити, як мехатроніка трансформує економіку.

## **6. Перспективи розвитку мехатронних систем у транспортній галузі**

Для вивчення перспектив розвитку мехатронних систем у транспортній галузі у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що прогнозують тенденції. Використовуйте пошукові запити типу «future of mechatronics in transportation» або «mechatronics trends in automotive 2025» для пошуку статей і відео. Почніть із розуміння, як мехатроніка інтегруватиметься з AI для автономних систем, наприклад, у Tesla Cybertruck. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як мехатроніка оптимізує V2X для смарт-міст. У PDF-документах із сайтів, як McKinsey чи IEEE, зверніть увагу на прогнози зростання ринку мехатроніки до \$300 млрд до 2030 року.

Далі, досліджуйте перспективи, як мехатроніка в електромобілях Rivian знизить викиди на 50%. У технічних блогах, як TechCrunch, доступні приклади інновацій, як IoT для моніторингу. Зосередьтеся на розвитку для автономності рівня 5. Проаналізуйте, як перспективи вплинуть на галузь.

Уникайте спекуляцій, але зафіксуйте, як мехатроніка підвищує ефективність. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти перспективи без лабораторних умов. Відео з концептами додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в звітах McKinsey. Це дозволить оцінити, як мехатроніка трансформує транспорт.

## **7. Аналіз екологічних аспектів впровадження мехатронних систем**

Для вивчення аналізу екологічних аспектів впровадження мехатронних систем у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що аналізують їх вплив. Використовуйте пошукові запити типу «environmental impact of mechatronics in vehicles» або «eco-friendly automotive mechatronics» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як мехатроніка в електромобілях Tesla зменшує викиди CO<sub>2</sub> на 40% через ефективне керування енергією. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють, як мехатроніка оптимізує рекуперативне гальмування. У PDF-документах із сайтів, як EPA чи IEEE, зверніть увагу на аналіз, як мехатроніка в гібридах Toyota знижує забруднення.

Далі, досліджуйте аспекти, як мехатроніка сприяє переробці матеріалів у BMW iX. У технічних блогах, як Green Car Reports, доступні графіки, що показують зменшення екологічного сліду на 20%. Зосередьтеся на впливі на енергоефективність. Проаналізуйте, як мехатроніка сприяє сталості.

Уникайте складних екологічних моделей, але зафіксуйте, як впровадження зменшує вплив. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти аспекти без лабораторних умов. Відео з екологічними тестами додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в звітах EPA. Це дозволить оцінити, як мехатроніка трансформує екологію.

## 8. Розгляд новітніх трендів та інновацій у мехатроніці

Для вивчення новітніх трендів та інновацій у мехатроніці у дистанційному форматі студентам рекомендується звернутися до відкритих джерел, що прогнозують тенденції. Використовуйте пошукові запити типу «latest trends in mechatronics» або «innovations in automotive mechatronics 2025» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння трендів, як інтеграція AI з мехатронікою в Tesla Cybertruck для автономності. Шукайте анімації на YouTube, що демонструють інновації, як квантова сенсорика для лідарів. У PDF-документах із сайтів, як McKinsey чи IEEE, зверніть увагу на прогнози, як мехатроніка з 6G оптимізує V2X.

Далі, досліджуйте інновації, як біонічні мехатронні системи в Rivian для адаптивності. У технічних блогах, як TechCrunch, доступні приклади, як наноматеріали підвищують ефективність на 20%. Зосередьтеся на трендах, як сталість через переробку. Проаналізуйте, як інновації вплинуть на галузь.

Уникайте спекуляцій, але зафіксуйте, як тренди трансформують мехатроніку. Пошук схем і відео у відкритих джерелах, як ResearchGate, допоможе зрозуміти тренди без лабораторних умов. Відео з концептами додають практичного розуміння. Для актуальності на 2025 рік шукайте оновлення в звітах McKinsey. Це дозволить оцінити, як інновації змінюють мехатроніку.

### Питання для самоперевірки

1. Як рекуперативне гальмування зменшує викиди CO<sub>2</sub> в електромобілях?
2. Яким чином системи Start-Stop сприяють екологічності автомобілів?
3. Як телематика оптимізує маршрути для зменшення енергоспоживання?
4. Яка роль штучного інтелекту в управлінні екологічними системами?
5. Як модульні компоненти спрощують переробку мехатронних систем?
6. Які приклади моделювання екологічних систем у MATLAB/Simulink?
7. Як сенсори сприяють зниженню енергоспоживання в гібридних авто?

8. Яким чином системи V2X підвищують екологічність транспорту?
9. Які виклики виникають при впровадженні екологічних мехатронних систем?
10. Як стандартизація компонентів сприяє екологічності утилізації?

### **2.2.16 Тема 16. Мехатронні технології в підготовці виробництва та експлуатації автотранспортних засобів**

#### **1. Основні принципи мехатронної автоматизації підготовки виробництва на автомобільному заводі**

При вивченні питання основних принципів мехатронної автоматизації підготовки виробництва на автомобільному заводі студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують автоматизовані процеси. Використовуйте пошукові запити типу «mechatronics automation in automotive manufacturing» або «principles of mechatronics in production» для пошуку статей і відео.

Почніть із принципу інтеграції, досліджуючи, як роботизовані системи з датчиками та актуаторами автоматизують складання, наприклад, кузовів. Шукайте відео на YouTube-каналах автовиробників, що показують, як роботизовані маніпулятори з сенсорами позиціонування виконують зварювання. Зверніть увагу на схеми, доступні в технічних блогах, які ілюструють синхронізацію механічних рухів із програмним керуванням.

Далі, досліджуйте принцип гнучкості, де мехатронні системи дозволяють швидко переналагоджувати обладнання для різних моделей автомобілів. Шукайте PDF-документи про конвеєрні системи, де мікроконтролери керують модульними лініями складання. Також зверніть увагу на принцип точності: шукайте матеріали про системи машинного зору, які використовують камери для контролю якості з'єднань. Наприклад, у відкритих джерелах є анімації, що демонструють, як датчики перевіряють точність складання деталей двигуна.

Проаналізуйте, як автоматизація зменшує людський фактор, підвищуючи продуктивність. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як сенсори та контролери забезпечують повторюваність операцій. Пошук схем і відео у відкритих базах даних допоможе зрозуміти ці принципи без лабораторних умов.

## **2. Організація технологічних процесів для інтеграції мехатронних систем у серійне виробництво**

При опрацюванні питання організації технологічних процесів для інтеграції мехатронних систем у серійне виробництво студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють організацію виробництва. Використовуйте запити типу «mechatronics in automotive production processes» або «integration of mechatronics in manufacturing» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як технологічні процеси адаптуються для складання мехатронних компонентів, наприклад, ECU. Шукайте відео на YouTube, що показують, як конвеєри синхронізуються з роботами, які встановлюють датчики та мікроконтролери. Зверніть увагу на схеми логістики компонентів, доступні в технічних блогах.

Далі, досліджуйте планування потоків виробництва. Шукайте PDF-документи про модульні лінії, де мехатронні системи дозволяють швидко переналагоджувати обладнання для різних моделей. Наприклад, проаналізуйте, як системи машинного зору перевіряють якість складання електропроводки.

Також зверніть увагу на інтеграцію програмного забезпечення для керування процесами: шукайте матеріали про системи SCADA, які координують роботу конвеєрів і роботів у реальному часі. У відкритих джерелах є приклади, як датчики моніторять стан обладнання, зменшуючи простой. Проаналізуйте, як ці процеси підвищують ефективність серійного виробництва. Уникайте складних формул, але зафіксуйте, як мехатроніка оптимізує потоки та знижує витрати. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти організацію без лабораторних умов.

## **3. Використання цифрових двійників для моделювання підготовки виробництва мехатронних компонентів**

При вивченні питання використання цифрових двійників для моделювання підготовки виробництва мехатронних компонентів студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що пояснюють цю технологію. Використовуйте запити типу «digital twins in automotive manufacturing» або «digital twins for mechatronics» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як цифрові двійники створюють віртуальні моделі, наприклад, конвеєрних ліній для складання ECU. Шукайте відео на YouTube, що показують симуляцію роботи роботів із датчи-

ками в цифровому середовищі. Зверніть увагу на PDF-документи, які описують моделювання логістики компонентів.

Далі, досліджуйте, як цифрові двійники оптимізують процеси. Шукайте матеріали про симуляцію роботи систем машинного зору, що перевіряють якість складання датчиків. У технічних блогах доступні приклади, де цифрові двійники прогнозують збої обладнання, зменшуючи витрати на тестування.

Також зверніть увагу на моделювання мехатронних систем, таких як адаптивні підвіски, де віртуальні моделі аналізують взаємодію актуаторів і сенсорів. Проаналізуйте, як цифрові двійники дозволяють тестувати різні сценарії виробництва без фізичних прототипів. Уникайте складних програмних кодів, але зафіксуйте, як ця технологія прискорює підготовку виробництва. Пошук схем і відео у відкритих джерелах допоможе зрозуміти цифрові двійники без лабораторних умов.

#### **4. Оптимізація виробничих процесів з застосуванням AI та IoT для мехатронних систем**

При опрацюванні питання оптимізації виробничих процесів із застосуванням AI та IoT для мехатронних систем студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що аналізують ці технології. Використовуйте запити типу «AI in automotive manufacturing» або «IoT in mechatronics production» для пошуку статей і відео. Почніть із ролі AI, досліджуючи, як нейронні мережі оптимізують складання, наприклад, аналізуючи дані від камер для контролю якості ECU. Шукайте відео на YouTube, що показують, як AI прогнозує дефекти в реальному часі.

Далі, зверніть увагу на IoT, яке забезпечує зв'язок між обладнанням. Шукайте матеріали про датчики IoT, що моніторять стан конвеєрів, передаючи дані до хмарних платформ для аналізу. У технічних блогах доступні приклади, де IoT синхронізує роботу роботів і конвеєрів для складання датчиків.

Також досліджуйте, як AI та IoT разом оптимізують логістику, наприклад, прогнозуючи потребу в компонентах для систем ABS. Шукайте PDF-звіти автовиробників про зменшення простоїв завдяки цим технологіям. Проаналізуйте, як AI та IoT підвищують ефективність виробництва. Уникайте складних алгоритмів, але зафіксуйте,

як ці технології знижують витрати. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти оптимізацію без лабораторних умов.

### **5. Методи забезпечення сервісного обслуговування мехатронних систем для підвищення надійності**

При вивченні питання методів забезпечення сервісного обслуговування мехатронних систем студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що описують сервісні технології. Використовуйте запити типу «mechatronics maintenance in automotive» або «servicing mechatronic systems» для пошуку статей і відео.

Почніть із діагностичних систем, досліджуючи, як датчики в ECU моніторять стан систем, таких як ABS. Шукайте відео на YouTube, що показують, як діагностичне обладнання зчитує коди помилок із мікроконтролерів. Зверніть увагу на PDF-документи, що описують методи профілактики.

Далі, досліджуйте методи прогнозного обслуговування. Шукайте матеріали про сенсори, що відстежують знос компонентів, наприклад, датчиків температури в системах управління батареями. У технічних блогах доступні приклади, де хмарні платформи аналізують дані для прогнозування поломок.

Також зверніть увагу на стандартизацію запчастин, яка спрощує заміну мехатронних компонентів, таких як актуатори в адаптивних підвісках. Шукайте схеми сервісних процедур у відкритих джерелах. Проаналізуйте, як ці методи підвищують надійність і зменшують простой. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як діагностика та профілактика сприяють довговічності. Пошук відео та схем допоможе зрозуміти сервісне обслуговування без лабораторних умов.

### **6. Стратегії прогнозованої аналітики в експлуатації для забезпечення довговічності автотранспортних засобів**

При опрацюванні питання стратегій прогнозованої аналітики в експлуатації студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що пояснюють ці методи. Використовуйте запити типу «predictive analytics in automotive maintenance» або «prognostics for mechatronics» для пошуку статей і відео.

Почніть із розуміння, як датчики в мехатронних системах, наприклад, у системах управління батареями, збирають дані про тем-

пературу та знос. Шукайте відео на YouTube, що показують, як хмарні платформи аналізують ці дані для прогнозування поломок.

Далі, досліджуйте алгоритми AI, які прогнозують термін служби компонентів, таких як актуатори в ABS. Шукайте PDF-документи, що описують, як нейронні мережі обробляють дані від сенсорів для оцінки стану гальмівних систем.

У технічних блогах доступні приклади, де прогнозна аналітика зменшує простої вантажівок шляхом своєчасної заміни деталей. Також зверніть увагу на телематику, яка передає дані про експлуатацію в реальному часі. Проаналізуйте, як ці стратегії підвищують довговічність транспортних засобів. Уникайте складних алгоритмів, але зафіксуйте, як аналітика сприяє профілактиці. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти ці стратегії без лабораторних умов.

## **7. Економічна оцінка ефективності мехатронних рішень протягом життєвого циклу продукту**

При вивченні питання економічної оцінки ефективності мехатронних рішень студентам у дистанційному форматі слід звернутися до відкритих джерел, що аналізують життєвий цикл. Використовуйте запити типу «economic evaluation of mechatronics» або «lifecycle cost of automotive mechatronics» для пошуку статей і відео.

Почніть із оцінки витрат на розробку, наприклад, систем ABS, де датчики та мікроконтролери підвищують собівартість, але знижують витрати на ремонт. Шукайте PDF-звіти автовиробників про економію від стандартизації компонентів.

Далі, досліджуйте експлуатаційні витрати. Шукайте матеріали про системи рекуперативного гальмування, які зменшують витрати палива в електромобілях завдяки сенсорам і актуаторам. У технічних блогах доступні приклади, де прогнозна діагностика знижує витрати на обслуговування ECU. Також зверніть увагу на утилізацію, де модульні мехатронні системи спрощують переробку.

Шукайте відео на YouTube, що показують, як стандартизація компонентів знижує витрати на утилізацію. Проаналізуйте, як ці рішення підвищують економічну ефективність. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як мехатроніка оптимізує витрати протягом життєвого циклу. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти економічний ефект без лабораторних умов.

## **8. Впровадження екологічних принципів у розробку та експлуатацію мехатронних систем.**

При опрацюванні питання інтеграції стійких практик у підготовку виробництва та експлуатацію мехатронних систем студентам у дистанційному форматі рекомендується звертатися до відкритих джерел, що аналізують екологічні підходи. Використовуйте запити типу «sustainable practices in mechatronics» або «green manufacturing in automotive» для пошуку статей і відео. Почніть із виробництва, досліджуючи, як мехатронні системи зменшують відходи, наприклад, завдяки точному складанню роботами з датчиками. Шукайте відео на YouTube, що показують, як системи машинного зору оптимізують використання матеріалів.

Далі, зверніть увагу на експлуатацію. Шукайте матеріали про системи рекуперативного гальмування, які зменшують викиди CO<sub>2</sub> в електромобілях завдяки сенсорам і актуаторам. У технічних блогах доступні приклади, де телематика оптимізує маршрути, знижуючи витрати палива. Також досліджуйте утилізацію, де модульні мехатронні компоненти полегшують переробку. Шукайте PDF-звіти про екологічні стандарти автовиробників. Проаналізуйте, як стійкі практики підвищують екологічність і ефективність. Уникайте складних розрахунків, але зафіксуйте, як мехатроніка сприяє сталому розвитку. Пошук схем і відео допоможе зрозуміти ці практики без лабораторних умов.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які принципи мехатронної автоматизації застосовуються у виробництві АТЗ?
2. Як організуються технологічні процеси для інтеграції мехатронних систем?
3. Яким чином цифрові двійники використовуються в підготовці виробництва?
4. Як AI та IoT оптимізують виробничі процеси мехатронних систем?
5. Які методи сервісного обслуговування підвищують надійність мехатроніки?
6. Як прогнозна аналітика сприяє довговічності автотранспортних засобів?
7. Яким чином оцінюється економічна ефективність мехатронних

- рішень?
8. Як стійкі практики інтегруються в експлуатацію мехатронних систем?
  9. Які приклади моделювання виробництва в MATLAB/Simulink?
  10. Які виклики виникають при впровадженні мехатроніки у виробництво?

### **3 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ**

Студенти заочної форми навчання відповідно до програми курсу «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» самостійно вивчають літературу, що рекомендується, і виконують одну контрольну роботу, яка складається з трьох питань.

Залік по контрольній роботі студент одержує при особистій співбесіді з викладачем. Оформляти роботу рекомендується на аркушах формату А4 (210x297), зброшурованих і закріплених у швидкозшивачі. При оформленні роботи слід керуватися вимогами ДСТУ 3008-95 - «Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» і СТП 15-96 «Пояснювальна записка до курсових і дипломних проєктів. Вимоги і правила оформлення».

При виконанні контрольної роботи необхідно пояснювати текст схемами і рисунками в масштабі. На обкладинці роботи треба вказати: назву предмета; прізвище, ім'я, по батькові студента; шифр; спеціальність; номер залікової книжки; домашню адресу (для іногородніх) з поштовим індексом; дату виконання. Контрольна робота повинна бути підписана студентом.

Матеріал контрольної роботи розташовується в наступному порядку:

- титульний лист;
- теоретична частина;
- графічна частина;
- висновки;
- перелік посилань.

Наприкінці роботи обов'язково необхідно привести список використаної літератури та електронних джерел, на які наведені посилання в контрольній роботі, з обов'язковим зазначенням по кожному літературному джерелу прізвища та ініціалів автора, назви книги, місця видання, видавництва і року видання, URL електронного ресурсу.

Контрольна робота повинна бути особисто підписана студентом. Залік по контрольній роботі студент одержує при особистій співбесіді з викладачем.

### **3.1 Список варіантів контрольних робіт**

#### **ВАРІАНТ 1**

1. Визначте ключові компоненти мехатронних систем, такі як датчики, виконавчі механізми та контролери, та наведіть приклади їх застосування в автотранспорті.
2. Поясніть, як відбувається взаємодія між механічними, електричними та програмними підсистемами в мехатронних конструкціях автомобілів.
3. Охарактеризуйте багаторівневу архітектуру мехатронних систем і її переваги для керування транспортними засобами.

#### **ВАРІАНТ 2**

1. Проаналізуйте основні принципи побудови мехатронних систем, з акцентом на інтеграцію компонентів у автомобільній техніці.
2. Розкрийте особливості систем керування в реальному часі та їх роль у забезпеченні безпеки руху.
3. Обґрунтуйте значення надійності та відмовостійкості мехатронних систем для довготривалої експлуатації АТЗ.

#### **ВАРІАНТ 3**

1. Наведіть приклади моделювання та симуляції мехатронних систем, що використовуються в розробці автомобільних технологій.
2. Дослідіть вплив цифрових технологій на еволюцію мехатронних систем в автотранспортній галузі.
3. Опишіть поняття мехатроніки та її внесок у розвиток сучасних автотранспортних засобів.

#### **ВАРІАНТ 4**

1. Опишіть історичний розвиток мехатронних систем у автомобільній промисловості, з прикладами ключових етапів.
2. Поясніть структуру курсу з аналізу мехатронних систем та його значення для практичної підготовки фахівців.
3. Проаналізуйте основні напрямки розвитку мехатроніки, з фокусом на інновації в транспорті.

### **ВАРІАНТ 5**

1. Охарактеризуйте мехатронні системи, що застосовуються в легкових автомобілях, та їх відмінності від систем у комерційних транспортних засобах.
2. Обґрунтуйте виклики та перспективи впровадження мехатроніки в автотранспортних засобах.
3. Дослідіть взаємозв'язок мехатроніки з іншими інженерними дисциплінами, такими як електроніка та механіка.

### **ВАРІАНТ 6**

1. Наведіть економічні та екологічні аспекти мехатронних систем у транспортній сфері з конкретними прикладами.
2. Визначте основні принципи мехатронної автоматизації в підготовці виробництва на автомобільних заводах.
3. Поясніть організацію технологічних процесів для інтеграції мехатронних систем у серійне виробництво.

### **ВАРІАНТ 7**

1. Проаналізуйте використання цифрових двійників для моделювання підготовки виробництва мехатронних компонентів.
2. Охарактеризуйте оптимізацію виробничих процесів за допомогою AI та IoT у мехатронних системах.
3. Обґрунтуйте методи забезпечення сервісного обслуговування мехатронних систем для підвищення їх надійності.

### **ВАРІАНТ 8**

1. Дослідіть стратегії прогнозової аналітики в експлуатації для забезпечення довговічності автотранспортних засобів.

2. Наведіть економічну оцінку ефективності мехатронних рішень протягом життєвого циклу продукту.
3. Проаналізуйте інтеграцію екологічних принципів у підготовку виробництва та експлуатацію мехатронних систем.

### **ВАРІАНТ 9**

1. Поясніть роль датчиків як основного компонента мехатронних систем в автомобілях та їх типи.
2. Обґрунтуйте важливість взаємодії електричних підсистем з механічними в контексті керування АТЗ.
3. Проаналізуйте переваги багаторівневої архітектури для оптимізації мехатронних процесів у транспорті.

### **ВАРІАНТ 10**

1. Наведіть приклади принципів побудови мехатронних систем, адаптованих для автотранспортних засобів.
2. Дослідіть застосування систем керування в реальному часі в системах безпеки автомобілів.
3. Охарактеризуйте методи підвищення відмовостійкості мехатронних систем проти зовнішніх впливів.

### **ВАРІАНТ 11**

1. З'ясуйте інструменти моделювання мехатронних систем для симуляції роботи в автотранспорті.
2. Поясніть, як цифрові технології впливають на інновації в мехатронних системах АТЗ.
3. Обґрунтуйте роль мехатроніки в підвищенні ефективності автотранспортних засобів.

### **ВАРІАНТ 12**

1. Проаналізуйте етапи історичного розвитку мехатронних технологій в автомобілях.
2. Наведіть практичне значення структури курсу для аналізу мехатронних систем.
3. Дослідіть сучасні напрямки розвитку мехатроніки в контексті

автономного водіння.

### **ВАРІАНТ 13**

1. Охарактеризуйте мехатронні системи в комерційних автомобілях та їх специфіку.
2. З'ясуйте ключові виклики впровадження мехатроніки в АТЗ та шляхи їх подолання.
3. Поясніть зв'язок мехатроніки з електротехнікою в інженерних рішеннях для транспорту.

### **ВАРІАНТ 14**

1. Обґрунтуйте екологічні переваги мехатронних систем у зменшенні викидів.
2. Наведіть принципи автоматизації підготовки виробництва мехатронних компонентів на заводах.
3. Проаналізуйте технологічні процеси інтеграції мехатроніки в масове виробництво автомобілів.

### **ВАРІАНТ 15**

1. Дослідіть роль цифрових двійників у плануванні виробництва мехатронних елементів.
2. Охарактеризуйте застосування АІ для оптимізації мехатронних виробничих ліній.
3. З'ясуйте методи сервісного обслуговування для мехатронних систем у легкових авто.

### **ВАРІАНТ 16**

1. Поясніть стратегії прогнозувальної аналітики для моніторингу стану АТЗ.
2. Наведіть приклади економічної оцінки мехатронних рішень на етапі експлуатації.
3. Обґрунтуйте інтеграцію екологічних практик у мехатронне виробництво.

### **ВАРІАНТ 17**

1. Проаналізуйте виконавчі механізми як компонент мехатронних систем в автомобілях.
2. Дослідіть взаємодію програмних підсистем з електричними в мехатроніці АТЗ.
3. Охарактеризуйте структуру багаторівневої архітектури мехатронних керуючих систем.

### **ВАРІАНТ 18**

1. Наведіть ключові принципи інтеграції компонентів при побудові мехатронних систем.
2. З'ясуйте вимоги до систем керування в реальному часі для автономних транспортних засобів.
3. Поясніть заходи щодо забезпечення надійності мехатронних систем у вантажних авто.

### **ВАРІАНТ 19**

1. Обґрунтуйте використання симуляції для тестування мехатронних систем перед впровадженням.
2. Проаналізуйте вплив штучного інтелекту як цифрової технології на мехатроніку.
3. Дослідіть базове поняття мехатроніки та її застосування в гібридних автомобілях.

### **ВАРІАНТ 20**

1. Наведіть хронологію розвитку мехатронних систем від механічних до цифрових.
2. Охарактеризуйте практичні аспекти структури курсу для вивчення мехатроніки в АТЗ.
3. З'ясуйте перспективні напрямки розвитку мехатроніки в електромобілях.

### **ВАРІАНТ 21**

1. Поясніть відмінності мехатронних систем у легкових та вантажних транспортних засобах.
2. Обґрунтуйте перспективи подолання викликів у впровадженні

мехатроніки.

3. Проаналізуйте взаємодію мехатроніки з програмною інженерією в транспортних рішеннях.

### **ВАРІАНТ 22**

1. Дослідіть економічні аспекти мехатронних систем для оптимізації витрат у транспорті.
2. Наведіть автоматизовані принципи підготовки виробництва на базі мехатроніки.
3. Охарактеризуйте інтеграцію мехатронних систем у технологічні ланцюги серійного виробництва.

### **ВАРІАНТ 23**

1. З'ясуйте моделювання мехатронних компонентів за допомогою цифрових двійників.
2. Поясніть роль IoT в оптимізації процесів виробництва мехатронних елементів.
3. Обґрунтуйте методи підвищення надійності через сервісне обслуговування мехатроніки.

### **ВАРІАНТ 24**

1. Проаналізуйте аналітику для прогнозування довговічності мехатронних систем в АТЗ.
2. Наведіть оцінку ефективності мехатронних рішень на етапі утилізації.
3. Дослідіть стійкі практики в експлуатації мехатронних транспортних систем.

### **ВАРІАНТ 25**

1. Охарактеризуйте контролери як складову мехатронних систем та їх функції в авто.
2. З'ясуйте інтеграцію механічних підсистем з програмними в мехатроніці.
3. Поясніть рівні архітектури мехатронних систем для керування динамікою руху.

**ВАРІАНТ 26**

1. Обґрунтуйте модульність як принцип побудови мехатронних конструкцій в транспорті.
2. Наведіть приклади систем реального часу в мехатронних гальмівних системах.
3. Проаналізуйте відмовостійкість мехатронних систем проти електромагнітних перешкод.

**ВАРІАНТ 27**

1. Дослідіть симуляційні інструменти для мехатронних систем автономних автомобілів.
2. Охарактеризуйте вплив IoT як цифрової технології на мехатроніку АТЗ.
3. З'ясуйте еволюцію мехатроніки від початкових концепцій до сучасних ролей.

**ВАРІАНТ 28**

1. Поясніть значення історії розвитку мехатронних систем для розуміння сучасних тенденцій.
2. Обґрунтуйте практичну користь структури курсу в підготовці інженерів з мехатроніки.
3. Наведіть напрямки розвитку мехатроніки для покращення безпеки транспорту.

**ВАРІАНТ 29**

1. Проаналізуйте мехатронні рішення для комерційних автомобілів з акцентом на ефективність.
2. Дослідіть глобальні виклики впровадження мехатроніки в автотранспорт.
3. Охарактеризуйте зв'язок мехатроніки з гідравлікою в інженерних дисциплінах.

**ВАРІАНТ 30**

1. З'ясуйте екологічні аспекти мехатронних систем для зменшен-

ня забруднення.

2. Поясніть автоматизацію виробництва мехатронних систем на автомобільних підприємствах.
3. Наведіть процеси організації технологій для мехатроніки в масовому виробництві.

#### **4 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ**

На підставі робочої програми дисципліни та вимог організації навчального процесу, кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни. Контрольні заходи з дисципліни «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» передбачають наступне:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання тестових письмових робіт на рубіжному контролі;
- виконання та захист практичних робіт;
- виконання та захист контрольних робіт;
- складання іспиту.

Для закріплення поточних знань протягом семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку.

При виконанні письмової роботи, студенти одержують завдання по висвітленню певних теоретичних питань або розв'язку завдань. Робота виконується студентом письмово й здається викладачеві. При цьому оцінюються володіння матеріалом по темі роботи, аналітичні здатності студента, його володіння методами, уміння й навички, необхідні для виконання завдань.

Іспит націлений на комплексну перевірку освоєння дисципліни. Іспит проводиться в усній або письмовій формі по білетах, у яких наводяться питання (завдання) по всіх темах курсу. Студенту дається час на підготовку. Оцінюється володіння матеріалом, його системне освоєння, здатність застосовувати потрібні знання, навички й уміння при аналізі проблемних ситуацій і вирішенні практичних завдань.

Слід зазначити, що всі заплановані заходи мають бути складені

позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни допускається до складання заліку.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

## 5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів». Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані студентом для самопідготовки при вивченні дисципліни, не обмежуються тільки цим, наведеним нижче переліком літератури.

### Базова

1. Грабченко А. И., Клепиков В. Б., Доброскок В. Л. Введение в мехатронику. Харьков : НТУ «ХПИ», 2014. 264 с.
2. Кашканов А. А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2010. 230 с.
3. Konrad Reif. Automotive mechatronics. Automotive networking, driving stability systems, electronics. Wiesbaden : Springer Fachmedien, 2015. 549 p.
4. Levent Güvenc, Bilin Aksun Güvenc, Burak Demirel. Control of mechatronic systems. London : The Institution of Engineering and Technology, 2017. 217 p.
5. Patrick Kaltjob. Mechatronic Systems and Process Automation. Boca Raton : CRC Press, 2018. 468 p.

### Допоміжна

6. Andrew J. Kurdila. Dynamics and control of robotic systems. Hoboken : John Wiley & Sons Ltd, 2020. 517 p.
7. Mohammad H. Abedin–Nasab. Handbook of robotic and image–guided

- surgery. Cambridge : Elsevier, 2020. 724 p.
8. Ambarish Goswami. Humanoid robotics: a reference. Dordrecht : Springer Nature B.V., 2019. 2676 p.
  9. Clifford A. Pickover. Artificial intelligence. An illustrated history. New York : Sterling Publishing Co., Inc., 2019. 268 p.
  10. Robert H. Bishop. Mechatronics. An Introduction. Boca Raton : CRC Press, 2006. 285 p.
  11. Robert H. Bishop. Mechatronic System Control, Logic, and Data Acquisition. Boca Raton : CRC Press, 2008. 755 p.
  12. Robert H. Bishop. Mechatronic Systems, Sensors, And Actuators. Boca Raton : CRC Press, 2007. 656 p.
  13. William Bolton. Mechatronics : electronic control systems in mechanical and electrical engineering. Harlow : Pearson, 2015. 663 p.
  14. David G. Alciatore. Introduction to mechatronics and measurement systems. New York : McGraw–Hill Education, 2018. 609 p.
  15. Erika Ottaviano. Mechatronics for cultural heritage and civil engineering. Cham : Springer International Publishing AG, 2018. 372 p.
  16. Fijalkowski B.T. Automotive mechatronics: operational and practical issues. Heidelberg : Springer, 2011. Volume I. 612 p.
  17. Fijalkowski B.T. Automotive mechatronics: operational and practical issues. Heidelberg : Springer, 2011. Volume II. 538 p.
  18. Edwin Kiel. Drive Solutions. Mechatronics for production and logistics. Berlin : Springer–Verlag, 2008. 545 p.
  19. Uwe Kiencke, Lars Nielsen. Automotive control systems for engine, driveline, and vehicle. Berlin : Springer–Verlag, 2005. 521 p.
  20. John Billingsley. Essentials of mechatronics. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2006. 267 p.
  21. Frank Lamb. Industrial Automation. Hands On. New York : McGraw–Hill Education, 2013. 369 p.
  22. Günter Ullrich. Automated guided vehicle systems a primer with practical applications. Berlin : Springer–Verlag, 2015. 237 p.
  23. Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations. Washington, DC : The national academies press, 2005. 257 p.
  24. Driver Reactions to Automated Vehicles. A Practical Guide for Design and Evaluation. Boca Raton : CRC Press, 2018. 177 p.
  25. Road Vehicle Automation. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2014. 257 p.

26. Road Vehicle Automation 2. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2015. 226 p.
27. Road Vehicle Automation 3. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2016. 292 p.
28. Road Vehicle Automation 4. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2018. 255 p.
29. Road Vehicle Automation 5. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2019. 246 p.
30. Road Vehicle Automation 6. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2019. 146 p.
31. Hans–Leo Ross. Functional safety for road vehicles. New challenges and solutions for E–mobility and automated driving. Switzerland : Springer International Publishing, 2016. 276 p.
32. Huaqun Guo. Automotive informatics and communicative systems: principles in vehicular networks and data exchange. New York : Information Science Reference, 2009. 364 p.
33. Jan Fischer–Wolfarth. Advanced microsystems for automotive applications 2014. Smart systems for safe, clean and automated vehicles. Switzerland : Springer International Publishing, 2014. 305 p.
34. Kimon P. Valavanis. Advances in Unmanned Aerial Vehicles. State of the Art and the Road to Autonomy. Dordrecht : Springer, 2007. 551 p.
35. Hassan Rashidi, Edward Tsang. Vehicle Scheduling in Port Automation. Advanced Algorithms for Minimum Cost Flow Problems. Boca Raton : CRC Press, 2016. 260 p.
36. Steffen Heinrich. Planning universal on–road driving strategies for automated vehicles. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2018. 141 p.

### **Інформаційні ресурси**

37. The IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS (TMECH) is a bimonthly periodical source. <http://www.ieee-asme-mechatronics.org> (дата звернення: 2.08.2025).
38. Mechatronics – an international journal. <https://www.journals.elsevier.com/mechatronics> (дата звернення: 2.08.2025).
39. Mechatronics, Informatics and Control Group (MICG) – incorporates the Mechatronics Forum, which has been actively promoting

mechatronics internationally for the past 20 years.

<https://www.imeche.org/get-involved/special-interest-groups/mechatronics-informatics-and-control-group> (дата звернення: 2.08.2025).

40. Robotics. <https://curlie.org/Computers/Robotics> (дата звернення: 2.08.2025).
41. IEEE Robotics and Automation Society. <http://www.ieee-ras.org> (дата звернення: 2.08.2025)
42. Investigation of social robots – Robots that mimic human behaviors and gestures. <http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/index.html> (дата звернення: 2.08.2025)
43. Wired's guide to the '50 best robots ever', a mix of robots in fiction (Hal, R2D2, K9) to real robots (Roomba, Mobot, Aibo). <https://www.wired.com/wired/archive/14.01/robots.html> (дата звернення: 2.08.2025)
44. Automotive Electronic Systems Clemson Vehicular Electronics Laboratory Website <http://www.cvel.clemson.edu/auto/systems/auto-systems.html> (дата звернення: 2.08.2025).
45. Seattle Robotics «What is a Servo?». <http://www.seattlerobotics.org/guide/servos.html> (дата звернення: 2.08.2025).
46. Different types of servo motors. <http://www.servotronix.com/servomotors.html> (дата звернення: 2.08.2025).
47. Automotive Manufacturing Engineering Overview. <http://www.automotiveengineeringhq.com/automotive-manufacturing-engineering/> (дата звернення: 2.08.2025).
48. Engineering Synergy. <http://myengineeringsystems.co.uk/> (дата звернення: 2.08.2025).
49. The Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE), formerly the Institute of Industrial Engineers, is a professional society dedicated solely to the support of the industrial engineering profession and individuals involved with improving quality and productivity. <http://www.iise.org/> (дата звернення: 2.08.2025).
50. SME (previously the Society of Manufacturing Engineers) is a non-profit student and professional association for educating and advancing the manufacturing industry in North America. <http://sme.org/> (дата звернення: 2.08.2025).