

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання самостійної роботи

із навчальної дисципліни

**«МЕТОДИ ТА АПАРАТУРА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ**  
**СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами))*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2022**

Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи із навчальної дисципліни «Методи та апаратура технічної діагностики систем електричного транспорту» (для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Вячеслав Шавкун. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 20 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. Вячеслав Шавкун

Рецензент

**А. В. Коваленко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 2 від 19.09.2022*

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Самостійна робота.....	6
1.1 Загальні положення щодо виконання самостійної роботи.....	6
1.1.1 Організація та мета самостійної роботи здобувачів.....	6
1.2 Перелік тем і питань для самостійного контролю.....	9
1.2.1 Змістовий модуль 1 Методи та способи технічної діагностики систем електричного транспорту .....	9
1.2.2 Змістовий модуль 2 Апаратура технічної діагностики основних систем електричного транспорту .....	13
1.2.3 Змістовий модуль 3 Організація діагностування та оцінка його ефективності .....	15
1.3 Індивідуальні семестрові завдання для самостійної та контрольної роботи.....	18
Список рекомендованих джерел.....	19

## ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Методи та апаратура технічної діагностики систем електричного транспорту» є формування у здобувачів узагальненої системи знань про методи, засоби та алгоритми діагностики систем електричного транспорту.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Методи та апаратура технічної діагностики систем електричного транспорту» є:

- вивчення головних положень діагностики систем електротранспорту;
- оволодіння принципами формування діагностичної інформації про стан системи;
- оволодіння головними характеристиками процесів, що використовуються при діагностиці технічних об'єктів;
- освоєння методів діагностики систем електричного транспорту;
- оволодіння методикою побудови алгоритму діагностики;
- отримання навичок використання головних положень діагностики при визначенні технічного стану вузлів та механізмів.

Цей курс включає лекційний матеріал, практичні заняття та самостійну роботу здобувачів.

Лекційний матеріал є теоретичною основою діагностування систем електричного транспорту; опис методів та характеристик, що використовуються при діагностуванні; основні закономірності формування та методи отримання діагностичної інформації; принципи і методи діагностування механічного обладнання енергетичних об'єктів і транспортних систем тощо.

**Самостійна робота** є одним із видів навчальної діяльності здобувачів, яка забезпечує досягнення поставленої мети навчання у ВНЗ.

Дисципліна «Методи та апаратура технічної діагностики систем електричного транспорту» розроблена у системі модульно-рейтингового поетапного контролю засвоєння навчального матеріалу. За кожною темою дається перелік запитань для самоконтролю й обговорення в аудиторії або при інших формах дистанційного навчання.

Метою самостійної роботи є постійне вивчення програмного матеріалу, виконання всіх видів домашніх завдань і підготовка за всіма формами звітності з дисципліни «Методи та апаратура технічної діагностики систем електричного транспорту». Ефективність самостійної роботи здобувачів залежить від якості її планування та контролю знань, умінь і навичок здобувачів.

При плануванні самостійної роботи потрібно враховувати:

- ретельний попередній аналіз навчальних планів та повного обсягу матеріалу дисципліни;

– знаходження фактичного часу, необхідного здобувачеві для самостійної роботи.

Метою контролю є перевірка якості засвоєння здобувачами теоретичного матеріалу та ступеня оволодіння практичним умінням і навичками. Результати контролю дозволяють своєчасно приймати рішення із вдосконалення навчального процесу та підвищення ефективності роботи викладачів та здобувачів.

Поточний контроль дозволяє виконати перевірку засвоєння здобувачами навчального матеріалу дисципліни. Він може здійснюватися у вигляді вибіркового або фронтального опитування, індивідуальної бесіди, перевірки конспектів, курсових проєктів, завдань до самостійної роботи, тестування тощо.

Комплексне застосування різних форм дозволяє своєчасно оцінити якість засвоєння матеріалу і підготовку здобувачів до занять.

Під час поточного контролю викладач може оцінити індивідуальні якості та здібності здобувачів. Це додає навчальній та виховній роботі цілеспрямованості і конкретності. До цього поточний контроль стимулює навчальну діяльність здобувачів, виховує відповідальність і ритмічність у роботі.

Підсумковий контроль є необхідним для перевірки якості виконання навчальної програми дисципліни за семестр і проводиться у вигляді диференційного заліку.

З метою вирішення питань, які з'являються у здобувача під час підготовки до диференційного заліку, розширення і поглиблення знань за окремими питаннями та для надання методичної допомоги при отриманні правильних навичок самостійної роботи проводяться індивідуальні та групові консультації за розкладом.

# 1 САМОСТІЙНА РОБОТА

## 1.1 Загальні положення щодо виконання самостійної роботи

### 1.1.1 Організація та мета самостійної роботи здобувачів

У сучасному суспільстві трудова діяльність людини передбачає постійну самоосвіту й перенавчання, і до цього майбутні фахівці повинні готуватися в процесі підготовки у вищих навчальних закладах, зокрема, шляхом здійснення самостійної роботи навчального й науково-дослідницького характеру. Для підвищення якості цього виду роботи варто сформулювати деякі методологічні принципи її організації, в яких врахувати соціальні умови її виконання, бо це має значення не тільки для професійної підготовки, але й для забезпечення більш гармонійного входження молодого людини до соціуму, який базується на взаємозалежності соціальних об'єктів.

Серед соціальних умов навчальної діяльності, які найбільш позначаються на якості самостійної роботи здобувачів, слід відзначити такі: соціально-нерівні можливості здобувачів, які відрізняються матеріальним становищем і умовами проживання; кваліфікаційні характеристики і соціальні якості викладачів; особливості їхніх стосунків зі здобувачами; характер спілкування і наявність взаємодопомоги всередині студентського колективу.

Все це виявляється не тільки в різниці матеріальних можливостей користування студентами інформаційними джерелами у процесі опрацювання матеріалу, а також їх ставленні до самостійної роботи. Для запобігання зазначеним перешкодам слід ширше застосовувати принципи індивідуальності завдань для цієї форми навчання і комплексності їхньої перевірки (наприклад, у тісній послідовності здійснювати письмові й усні форми контролю).

Якість у сфері вищої освіти охоплює різні її галузі й функції. Вона визначається не тільки рівнем засвоєння навчальних дисциплін і професійної компетенції, але й володінням практичними навичками і вміннями, спроможністю до творчого і критичного мислення, а також нестандартних рішень у професійній діяльності.

Кваліфікація фахівців в умовах ринку стає важливим економічним чинником, який набуває не тільки господарського, але й соціально-політичного значення. З урахуванням сучасного соціального й економічного розвитку України виникла потреба перебудови вищої школи, серед основних напрямків якої треба виділити такі:

– розвиток активності, самостійності та творчих здібностей майбутніх фахівців;

– забезпечення держави кваліфікованими кадрами, які матимуть ґрунтовну теоретичну і практичну підготовку за фахом, зможуть самостійно приймати рішення, пов'язані з майбутньою професією, а отже створювати власними зусиллями нові науково-технічні цінності;

– розвиток вміння швидко адаптуватися до змін і корегувати професійну діяльність.

Виконання визначених завдань вимагає пошуку шляхів удосконалення навчально-виховного процесу, розробки нових методів і форм взаємодії викладача та здобувача. Стратегію навчання необхідно будувати на загальних демократичних принципах, які лежать в основі діяльності вищої школи всіх цивілізованих країн. У цьому напрямку треба відзначити теорії програмованого та проблемного навчання.

Програмоване навчання передбачає роботу з навчальним матеріалом, який подається частками в певній логічній послідовності. Темп засвоєння студентом поданої інформації залежить від його індивідуальної здатності сприймати й обробляти цей матеріал. Інший вид навчання розглядає проблемні ситуації, їхнього подолання і розв'язання, допомагає оволодіти досвідом пізнання в процесі їхнього вирішення. Воно чинить вплив на активізацію творчого мислення, формування нестандартних підходів до розв'язуваних проблем.

Як удосконалену форму програмованого навчання можна розглядати модульне, яке побудовано на логічно завершених частинах навчального матеріалу з урахуванням індивідуальних особливостей здобувачів. Воно дає змогу організувати процес на дискретному рівні, тобто за умов доцільного дозування змісту навчального матеріалу і методичного забезпечення його засвоєння.

Модульному навчанню притаманні такі особливості:

- відкидання матеріалу, що є «зайвим» для конкретного виду робіт;
- максимальна індивідуалізація навчання;
- дроблення фаху на певні частини (модулі та їх елементи, які мають самостійне значення).

Використання принципу модульності у процесі навчання сприяє формуванню у студентів мобільності та гнучкості знань, що є необхідною складовою компетентності. За модульним навчанням на першому місці знаходяться проблемність, проблемні ситуації, а також вирішується будь-яка проблема. Крім того, весь курс, що вивчається, поділяється на частини, які є самостійними одиницями, що містять логічно пов'язаний навчальний матеріал.

Самостійна робота здобувачів є одним з основних видів навчальної діяльності, що забезпечує досягнення визначеної мети під час підготовки у вищому навчальному закладі. Вона планується і виконується під методичним керівництвом викладача, але без його безпосереднього втручання.

Зазначена форма навчання повинна бути спрямована не тільки на оволодіння конкретною дисципліною, а й на формування навичок самостійної роботи взагалі, у навчально-науковій і професійній діяльності, здатності приймати на себе відповідальність, самостійно розв'язувати проблеми, знаходити конструктивні вирішення тощо.

Ефективність самостійної роботи істотно залежить від її планування та застосування прогресивної системи контролю знань, умінь і навичок здобувачів. При плануванні повинні враховуватися результати попереднього аналізу навчальних програм, обсяг матеріалу, види знань, трудомісткість їхнього виконання та засвоєння; фактичний час, потрібний здобувачу для виконання самостійної роботи, а також ступінь відповідності цього часу плановому.

Мета контролю полягає в перевірці якості засвоєння здобувачами теоретичного матеріалу та ступені володіння практичними вміннями й навичками. Результати його дозволяють своєчасно вживати заходи з удосконалення навчального процесу загалом, поліпшення роботи викладачів і здобувачів.

Ця робота призначена для подальшого розвитку таких напрямків у процесі підготовки студентів, пов'язаних з формуванням узагальненої системи знань про методи, засоби й алгоритми визначення технічного стану рухомого складу міського електричного транспорту:

- вивчення головних положень діагностування електричних систем;
- оволодіння основоположними принципами формування діагностичної інформації про стан системи;
- оволодіння основними характеристиками процесів, що використовуються при діагностуванні технічних об'єктів;
- освоєння методів діагностування енергетичних агрегатів і транспортних машин;
- вивчення алгоритмів визначення технічного стану та дефектів в електричних системах;
- набуття навичок використання основних положень технічної діагностики при визначенні технічного стану вузлів і механізмів транспортних засобів;
- отримання навичок роботи з технічною літературою та лекційним матеріалом, а також здатності приймати відповідальність при самостійному вирішенні питань;
- отримання вмінь планувати ефективну організацію самостійної роботи.



## 1.2 Перелік тем і запитань для самостійного контролю

Згідно з навчальною програмою дисципліни «Методи та апаратура технічної діагностики систем електричного транспорту» передбачено розгляд тем, стислий зміст яких наведено нижче.

### 1.2.1 Змістовий модуль 1 Методи та способи технічної діагностики систем електричного транспорту

Тема 1 Основні напрямки діагностики систем електричного транспорту.

Мета та основні задачі. Класифікація діагностичних параметрів

**Діагностика** – (грець. діагноз) – визначення або розпізнавання. У процесі діагностики встановлюється діагноз – визначається стан системи або об'єкта. Технічна діагностика охоплює всі технічні об'єкти та машини, тому фундаментальна її частина буде загальною (підходить майже для всіх систем). Технічна діагностика вивчає методи отримання й оцінки діагностичної інформації, а також вивчає діагностичні моделі й алгоритми прийняття рішення.

**Основна мета технічної діагностики** – підвищити надійність системи та її ресурсу. *Основні завдання технічної діагностики:*

- розпізнавання стану системи в умовах скороченої інформації. Технічна діагностика – без розбірна діагностика (конструкцію не розбираємо);
- використання теорії контролепридатності для розробки методів та засобів отримання діагностичної інформації, розробки алгоритмів, визначення несправностей, розробка діагностичних тестів.

Звернути увагу, що теоретичною основою технічної діагностики є теорія розпізнавання образів та на чому базуються алгоритми розпізнавання (на діагностичних моделях), що таке контролепридатність системи (це здатність до забезпечення достовірної оцінки технічного стану та до раннього визначення несправностей та відмов).

Звернути увагу на структуру технічної діагностики. Що є предметом технічної діагностики. На яких етапах життєвого циклу вона застосовується. Вказати, які питання вирішуються на етапах розробки та доведення конструкції, на етапі виготовлення, при експлуатації та ремонті. Вказати на ефекти, що досягаються на вказаних вище етапах діагностування, як це впливає на якість машин при доопрацюванні, при їх виготовленні. Навести графіки імовірності відмови машини з часом напрацювання та поведінку представницького параметра технічного стану об'єкта з часом напрацювання. У чому полягає діагностування при експлуатації машин, яка відмінність в постійному контролі та діагносту-

ванні технічного стану й епізодичному (періодичному). Вказати на особливості діагностування машин методами вібродіагностики, теплової діагностики, діагностики електромеханічних систем, радіовипромінювання, ультразвукової та інших. Як вирішуються завдання продовження ресурсу машин при діагностуванні їх технічного стану.

В чому полягає принцип обслуговування машин за регламентом і фактичним технічним станом? Як на це впливає діагностика технічного стану? У чому полягає позитивний ефект?

Звернути увагу, що теоретичною основою технічної діагностики є теорія розпізнавання образів, та на чому базується алгоритми розпізнавання (на діагностичних моделях). Що таке контролепридатність системи – оцінка технічного стану на ранній стадії визначення несправностей та відмов. Звернути увагу на структуру технічної діагностики.

#### Питання для самоконтролю

1. Обґрунтувати роль і місце технічної діагностики у системі ТО і Р підприємств МЕТ.

2. Охарактеризувати методи отримання й оцінки інформації під час діагностування.

3. Як впливають організація та умови експлуатації рухомого складу на його технічний стан?

4. Обґрунтувати вимоги до міського електричного транспорту з позиції споживчої привабливості.

Рекомендовані джерела [1–3].

Тема 2 Сучасні тенденції розвитку систем електричного транспорту.

Принципи побудування діагностичних приладів і систем

В основу організації діагностики покладена планово-попереджувальна система ТО і Р, а також чинне «Положення про ТО і Р рухомого складу». В системі управління технічної служби підприємства діагностика є контролюючим блоком. Об'єктом технічного діагностування може бути як трамвай або тролейбус у цілому, так і їхня складова частина, технічний стан якої потребує визначення. Основні завдання технічної діагностики можна сформулювати в такий спосіб:

- побудова математичних моделей об'єктів діагностики;
- розробка програм перевірки об'єктів;
- вибір чи створення технічних засобів перевірки стану об'єктів.

Таким чином, вирішення діагностичного завдання передбачає необхідність

наявності характеристик трьох видів:

- об'єктів і явищ, що виступають у ролі причин відхилень;
- об'єктів і явищ, що виконують роль наслідків цих причин (тобто самих відхилень).

Діагностування є на сьогодні одним з основних напрямків удосконалення системи ремонту техніки, підвищення її надійності в експлуатації, тому що воно сприяє виявленню відмов випадкового характеру в міжремонтні періоди.

Застосування засобів й методів технічного діагностування дозволяє безперервно чи в дискретні моменти часу перевірити стан вхідних і вихідних параметрів РС, дає змогу ставити РС в ремонт відповідно до його технічного стану. Це сприяє різкому зменшенню кількості відмов між плановими видами ремонтів, підвищенню ступеня використання ресурсу складових частин і деталей РС та зниженню витрат на запчастини й матеріали під час ремонту, підвищенню економічності роботи рухомого складу і його безпеки.

Розглянути визначення завдань на прикладі шліцьового з'єднання валів редуктора. Звернути увагу – діагностування провести в умовах скороченої інформації. Як описується стан системи? Що таке розпізнавання стану системи-віднесення стану до одного із можливих класів (діагнозів)?

Діагнози визначаються до діагностування. Сукупність послідовних дій у процесі діагностування називають алгоритмами розпізнавання. Завдання діагностування може бути вирішене, якщо відомі наперед класи, стани, діагнози, а також обов'язково – ознаки цих класів, станів, діагнозів. Ознаки – це найбільш чутливі представницькі параметри системи до зміни їх технічного стану, а значить і до порушення нормальної роботи машини. При створенні системи діагностування мають місце два етапи: навчання системи діагностування (створення алгоритмів пошуку) – це пряма задача; розпізнавання стану та встановлення діагнозу – вирішення зворотного завдання за ознаками технічного стану встановити діагноз (несправність). Звернути увагу на математичну постановку задачі діагностування з використанням комплексу ознак  $K=K(K_1, K_2, K_3, \dots, K_i)$ . Постановки задачі діагностування можуть бути: імовірнісні та детерміновані. Викласти особливості цих постановок.

#### Питання для самоконтролю

1. Охарактеризувати основні завдання технічної діагностики.
2. Подати свої міркування щодо доцільності застосування засобів і методів технічного діагностування між плановими видами ремонтів.
3. Як описується стан системи? Що таке розпізнавання стану системи – віднесення стану до одного із можливих класів (діагнозів).

Рекомендовані джерела [1–3].

### Тема 3 Теорія надійності при вирішенні практичних задач діагностики

Технічний стан машини визначається з використанням комплексу ознак (сукупності представницьких параметрів). Їх показники визначаються за допомогою вимірної апаратури і первинного елемента – датчика. Машина неначе перетворює параметри технічного стану (дефекти) в систему ознак технічного стану – це є пряма задача. Зворотна задача – це задача діагностування – визначення дефектів (зарахування технічного стану до одного із класів, діагнозів) за ознаками, які отримуються за допомогою вимірної апаратури. Зворотне завдання, як правило, має неоднозначні рішення, чим ускладнюється завдання діагностування. Для її вирішення використовуються різні діагностичні моделі: динамічні (це диференційні, або алгебраїчні рівняння); логічні співвідношення; функціональні моделі; структурні моделі; регресійні моделі; статистичні моделі; матричні моделі й інші. Під час засвоєння матеріалу звернути увагу на особливості регресійних моделей та матричних моделей, які найчастіше використовуються при діагностуванні машин. Регресійні використовуються при діагностуванні машин, для яких має місце значна сукупність експериментального матеріалу для встановлення регресійних залежностей між параметрами технічного стану (дефектами) та їх ознаками, наприклад, електродвигуни. Матричні моделі використовуються для діагностування унікальних об'єктів, коли відсутня значна сукупність експериментального матеріалу (наприклад, для турбоагрегатів великої потужності). Матричні моделі можуть використовуватися також і на транспорті для загальної діагностики. Тут можуть бути використані також статистичні методи (наприклад, Байєса).

Структурні моделі, які найчастіше використовуються в електроніці, можуть бути одновимірні, багатовимірні з корельованими і некорельованими входами та виходами. Звернути увагу на їх особливості, бо вони використовуються для «самодіагностування» систем діагностики, що включають датчики, перетворювачі, фільтри і т. п. елементи.

#### Питання для самоконтролю

1. Як використовуються діагностичні моделі у процесі визначення технічного стану рухомого складу?
2. Які діагностичні моделі використовуються при вирішенні завдань діагностування?
3. Дайте визначення і наведіть приклади прямого та зворотного завдання діагностування.

Рекомендовані джерела [3, 4].

## 1.2.2 Змістовий модуль 2 Апаратура технічної діагностики основних систем електричного транспорту

### Тема 1 Засоби технічної діагностики. Загальна характеристика технічних засобів діагностики систем електричного транспорту

Засобами технічної діагностики є контрольні та вимірювальні прилади, інструменти, стенди та їхнє поєднання, що забезпечують збір достатнього обсягу інформації про технічний стан контрольованого вузла або агрегату.

Засоби технічної діагностики, які відповідають вимогам, що висуваються до них експлуатаційними підприємствами, повинні дозволяти контролювати всі основні параметри, що характеризують працездатність вузла або агрегату. Програма діагностування обмежується межами експлуатаційної необхідності та складається так, щоб можна було уникнути значного числа підключень апаратів, приладів і механізмів. Проте, при цьому бажано здійснювати велику кількість перемикачів, які можливо не тільки механізувати й автоматизувати, але і запрограмувати, що знижує трудомісткість діагностичного обстеження. Результати (інформація) технічного діагнозу повинні видаватися в зафіксованому вигляді (картограми, перфокарти, таблограми тощо).

Діагностування рухомого складу може бути загальним або поелементним, тобто може проводитися для досягнення локальної мети (обстеженню піддаються тільки вузли і деталі, що забезпечують безпеку руху) або для оцінки працездатності тролейбуса або трамвая за всіма основними параметрами. Залежно від визначеної мети застосовується та або інша форма діагностичного обслуговування – спеціалізовані пости по об'єктах або комплексні станції для загального обстеження. Спеціалізовані пости можуть бути розташовані окремо або вбудовані в потокову лінію.

Перспективними є бортові системи технічної діагностики (розташовані в кабіні тролейбуса або трамвая). При цьому водій може одержувати інформацію про ресурс працездатності вузлів і агрегатів керованої ним одиниці рухомого складу. Впровадження засобів технічної діагностики у практику експлуатаційних депо забезпечує підвищення ефективності виробництва.

#### Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте сучасні засоби діагностування.
  2. Види і форми діагностування. Наведіть приклади їх застосування.
  3. Дайте оцінку бортовим системам діагностування.
- Рекомендовані джерела [1, 6–8].

## Тема 2 Прогнозування технічного стану. Методи і обладнання для експрес-діагностування вузлів і агрегатів систем електричного транспорту

*Пристрої для визначення працездатності* можуть використовуватися автономно (для перевірки технічних об'єктів одноразового використання) або в комплексі діагностичних засобів, що здійснюють діагностування об'єкта багатократного використання. При цьому пристрої для визначення працездатності є, по суті, технічною реалізацією всіх можливих методів контролю працездатності технічних об'єктів, що визначають працездатність, можуть призначатися для контролю функціонування об'єкта, параметрів або різних характеристик (динамічних або статичних). Це дозволяє класифікувати всі пристрої за методами, які вони реалізують (наприклад, пристрій для визначення працездатності за тимчасовими характеристиками, пристрій для визначення працездатності за частотними характеристиками і тому подібне). Крім того, пристрої для визначення працездатності можуть бути класифіковані за формою подання інформації при її обробці на аналогових і дискретних. У першому випадку контрольовані величини, записані в аналоговій формі, нормалізуються і потім безпосередньо надходять на обробку. У другому випадку контрольовані величини, записані в аналоговій формі, після нормалізації кодуються, а потім вже надходять в обробку для оцінки працездатності об'єкта.

*Процес виявлення несправності*, як правило, починається після встановлення факту її виникнення. Якщо відомі ознаки наявності несправності, то її можна знайти за допомогою засобів виявлення. Ознаки несправностей можуть бути надзвичайно різноманітними, тому і засоби для їх виявлення будуються за різними принципами. Проте серед різноманіття різних засобів можна виділити групи універсальних і спеціалізованих засобів. Перша група призначається для виявлення різних несправностей у цілому класі технічних об'єктів і виконує функції фіксації відхилень яких-небудь однорідних фізичних величин. Друга група включає пристрої, які здійснюють зіставлення різних комбінацій сигналів із заданими комбінаціями.

*Автоматизація процесу прогнозування* може здійснюватися двома шляхами: створенням програм для ЕОМ, що працюють в системі контролю; розробкою спеціалізованих пристроїв автоматичного прогнозу. Необхідність розробки останніх пов'язана з вирішенням завдання прогнозування зміни стану таких об'єктів, специфіка експлуатації яких не дозволяє принципово використовувати ЕОМ.

Оскільки завдання прогнозування може бути вирішене різними методами (аналітичного, імовірнісного прогнозування і теорії статистичної класифікації), то і структура залежить, в першу чергу, від обраного методу прогнозу-

вання, а також від тих конкретних вимог, які висуваються до нього щодо точності, швидкодії, надійності й тому подібне.

#### Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте сучасні пристрої для визначення працездатності.
2. У чому полягає процес виявлення несправності?
3. Дайте оцінку автоматизації процесу прогнозування. Яким чином вона здійснюється?

Рекомендовані джерела [6–8].

### 1.2.3 Змістовий модуль 3 Організація діагностування та оцінка його ефективності

#### Тема 1 Автоматизовані діагностичні системи. Алгоритм діагностування

Системи, в яких більшість операцій за оцінкою стану об'єкта здійснюються без участі оператора, називають *автоматизованими діагностичними системами*.

Розглянути принципи побудови і технічні рішення для автоматизованих засобів, досліджуваних в діагностичних системах при вирішенні цілого комплексу завдань за оцінкою стану об'єкта й ухваленню рішень з його використання.

Сучасний рівень розвитку техніки дозволяє виконувати операції за оцінкою стану технічних об'єктів з використанням електричних величин.

Звернути увагу і проаналізувати узагальнену структурну схему для процесу діагностування технічних об'єктів (рис. 1). Слід зазначити, що на схемі не вказується, які з операцій виконуються автоматично, а які – уручну оператором. При технічній реалізації системи вирішується завдання про ступінь автоматизації процесу діагностування. Ця узагальнена схема може зазнавати істотних змін за рахунок виділення певних операцій у групи.

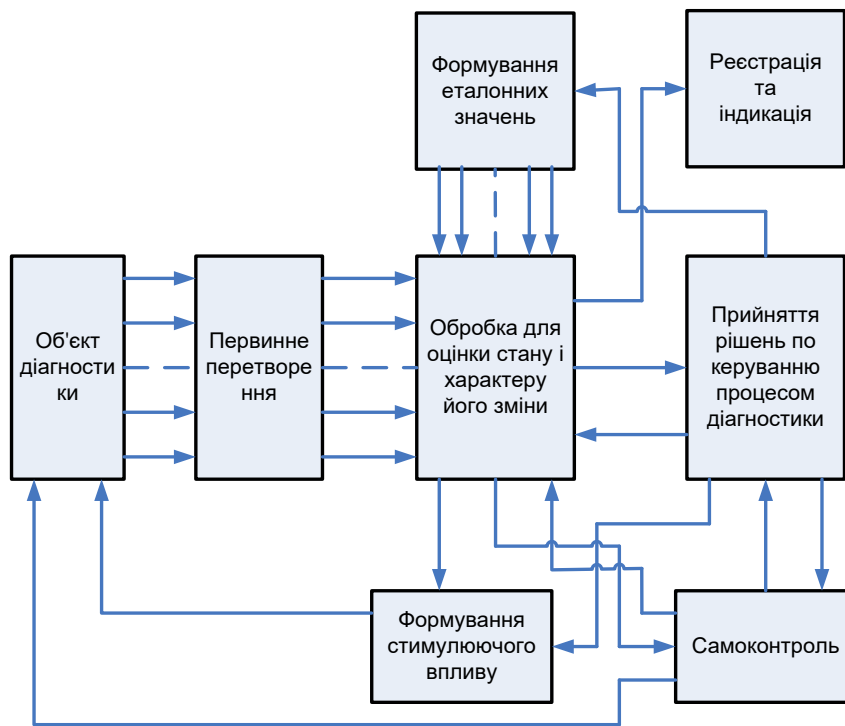


Рисунок 1 – Узагальнена структурна схема діагностики технічних об’єктів

Природно, що умови експлуатації та специфіка конструктивного виконання технічних об’єктів позначатимуться при побудові системи діагностики і технічної реалізації комплексу автоматизованих засобів. Так, наприклад, можна говорити про систему діагностики рухомих і нерухомих

Як правило, технічний стан складного агрегату або рухомого складу в цілому визначається сукупністю параметрів (фізичних величин), значущість кожного з яких різна. Тому виділяється один або декілька основних параметрів із загальної сукупності, що визначають технічний стан агрегату, і встановлюються їх граничні значення, вихід за які може призвести до відмови. Діагностичними вважають основні параметри функціонування або технічного стану об’єкта. Ці параметри повинні містити необхідну для діагностики інформацію або, як то кажуть, діагностичні ознаки, які можна оцінити кількісно, тобто виміряти. У міру зміни технічного стану діагностичні параметри можуть або збільшуватися (електричний опір, рівень шуму, вібрація, температура), або зменшуватися (тиск повітря, прискорення).

Можливість безпосереднього вимірювання основних параметрів вельми обмежена, тому практично завжди користуються непрямими методами вимірювання основних і супутніх параметрів, супроводжуючих процесів функціонування. При організації технологічного процесу діагностування визначається завдання раціональної мінімізації числа контрольно-вимірювальних операцій, підвищення чіткості вимірювання діагностичних параметрів і, відповідно, дос-



товірності постановки діагнозу. При цьому повинна дотримуватися загальна умова мінімізації витрат на експлуатацію, обслуговування і ремонт об'єкта, що діагностується, зі збереженням на належному рівні коефіцієнта технічної готовності парка рухомого складу.

Технічне діагностування спрямоване на вирішення трьох основних завдань: визначення працездатності об'єкта, виявлення і локалізація відмови і несправності та визначення остаточного ресурсу. Кожному з трьох випадків відповідає певний методичний підхід, який забезпечує побудову свого оптимального алгоритму діагностування. Побудові алгоритму діагностування повинен передувати аналіз статистичних даних на найбільшу кількість відмов і несправностей, що повторюються. На основі даних аналізу розробляють блок – схему структурно – слідчих зв'язків за ланцюгом: об'єкт, що діагностується – агрегат – система – механізм – вузол – елемент – структурний параметр – несправність – зовнішня ознака (симптом) – діагностичний параметр. Кількість ланок ланцюга для кожного конкретного випадку (стосовно до різних систем і агрегатів) може змінюватися. Кожна ланка визначає рівень пошуку, що задається, або технологічного кроку, що спрямований на встановлення несправності.

#### Питання для самоконтролю

1. У чому полягає організація технологічного процесу діагностування?

2. Як класифікуються параметри технічного стану рухомого складу?

Назвіть вимоги до них.

3. Що таке алгоритм діагностування? Для чого він складається? Складіть алгоритм діагностування електричних машин рухомого складу.

Рекомендовані джерела [1, 3–5].

#### Тема 2 Ефективність діагностики. Вплив технічних засобів на ефективність діагностики

Діагностичне устаткування може бути ефективно використане в автотранспортних підприємствах тільки за умови чіткої організації системи технічного обслуговування і ремонту, складовою частиною якої є діагностування.

Контрольно-діагностичні операції повинні виконуватися перед проведенням технічного обслуговування і поточним ремонтом незалежно від наявного діагностичного обладнання. Тільки в цьому випадку доцільне придбання діагностичного обладнання, використання якого є раціональним.

Під час освоєння матеріалу звернути увагу на те, що вплив технічних засобів на ефективність діагностування технічних об'єктів враховується імовірністю правильного функціонування технічних засобів у період здійснення діагностування, залежно від умов якого змінюється спосіб розрахунку. При цьо-

му засоби діагностики можуть розглядатися як об'єкти безперервної дії (технологічні процеси, апаратура бортового діагностування під час експлуатації тощо) або як об'єкти періодичної дії (обладнання рухомих об'єктів перед використанням тощо).

#### Питання для самоконтролю

1. Які умови доцільного придбання діагностичного обладнання і раціонального його використання?

2. Вплив технічних засобів на ефективність діагностування технічних об'єктів.

Рекомендовані джерела [1, 3, 7, 8].

### **1.3 Індивідуальні семестрові завдання для самостійної та контрольної роботи**

1. Основні напрямки технічної діагностики (мета, завдання, структура).
2. Етапи створення систем технічної діагностики.
3. Постановка завдань технічної діагностики.
4. Використання діагностичних моделей при діагностуванні.
5. Структурні схеми діагностичних моделей у вібродіагностиці.
6. Особливості формування діагностичного сигналу в лінійних системах.
7. Особливості формування діагностичного сигналу в нелінійних системах.
8. Відомості із теорії ймовірності. Логічна сума та логічний добуток події.
9. Визначення імовірності безвідмовної роботи блоків при послідовному та паралельному з'єднанні трьох елементів.
10. Визначення імовірності безвідмовної роботи двох двигунів.
11. Формула Байєса.
12. Постановка завдання розпізнавання образів.
13. Використання міри близькості в теорії розпізнавання образів.
14. Статистичний метод Байєса розпізнавання образів. Узагальнена формула.
15. Прийняття рішення про діагноз методом Байєса.
16. Використання комп'ютерної техніки при розв'язанні задач діагностики агрегатів та машин електричного транспорту.
17. Засоби технічного діагностування. Загальна характеристика.
18. Використання сучасних технологій у галузі діагностування та застосування їх в практичних цілях на підприємствах МЕТ.
19. Структура діагностування гальмівної системи електричного транспорту.
20. Структурні та діагностичні параметри. Поняття та графічне зображення вимог.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дистанційний курс «Методи та апаратура технічної діагностики систем електричного транспорту» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dl.kname.edu.ua/course/view.php?id=2535>, вільний (дата звернення). – Назва з екрана.
2. Технічна експлуатація міського електричного транспорту: навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будниченко, Е. І. Карпушин, В. І. Коваленко. – Харків, ХНАМГ, 2014. – 285 с.
3. Правила експлуатації міського електричного транспорту: навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будниченко, В. І. Коваленко, М. В. Хворост, Л. О. Ісаєв. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. – 447 с.
4. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
5. Дудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт рухомого складу : підручник / О. А. Дудченко. – Київ : Знання, 2004. – 478 с.
6. ДСТУ 3333–96. Стенди роликові для перевірки гальмівних систем дорожніх транспортних засобів в умовах експлуатації. Загальні технічні вимоги. – Чинний від 27–03–96. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 18 с.
7. Попович М. Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електропривод / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепіков. – Київ : Либідь, 2005. – 678 с.
8. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни і визначення. – Чинний від 01–01–96. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 24 с.

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
до виконання самостійної роботи  
із навчальної дисципліни

## **«МЕТОДИ ТА АПАРАТУРА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами))*

Укладач Вячеслав **ШАВКУН**

Відповідальний за випуск *М. В. Хворост*  
*За авторською редакцією*  
Комп'ютерне верстання *В. М. Шавкун*

План 2022, поз. 183М

---

Підп. до друку 24.10.2022.      Формат 60 × 84/16.  
Електронне видання.              Ум. друк. арк. 1,2

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків 61002.  
Електронна адреса: office@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.