

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до курсової та самостійної робіт

**«ДІАГНОСТУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ
ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**

*(для студентів I курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021**

Методичні рекомендації до курсової та самостійної робіт «Діагностування рухомого складу електричного транспорту» (для студентів 1 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. А. В. Коваленко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 39 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. А. В. Коваленко

Рецензент

В. П. Шпачук, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та будівельної механіки Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 1 від 27.08.2020.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальні питання щодо виконання курсової роботи.....	5
1.1 Завдання до курсової роботи.....	5
1.2 Зміст і варіанти завдань.....	5
1.3 Вимоги до оформлення курсової роботи.....	9
2 Методичні рекомендації до виконання курсової роботи.....	12
2.1 Обґрунтування діагностичних параметрів у статиці.....	12
2.2 Обґрунтування діагностичних параметрів у динаміці.....	15
2.3 Розробка алгоритму діагностування.....	24
3 Конструкторська частина. Розробка спеціального технологічного устаткування для діагностування вузлів і агрегатів.....	25
3.1 Аналіз технічних засобів діагностування.....	25
3.2 Проектування технічних засобів для діагностування обладнання рухомого складу міського електричного транспорту.....	26
Список рекомендованих джерел.....	29
Додаток А Вихідні дані до виконання курсової роботи.....	30
Додаток Б Форма титульного аркуша курсової роботи.....	34
Додаток В Приклад алгоритму діагностування.....	35

ВСТУП

Мета та завдання вивчення дисципліни «Діагностування рухомого складу електричного транспорту» – сформувані у студентів узагальнену систему знань щодо методів, засобів та алгоритмів визначення технічного стану рухомого складу міського електричного транспорту та сформувані вміння використовувати діагностичну інформацію.

Головна риса сучасного виробництва – це конкурентоспроможність продукції. Вона неможлива без забезпечення необхідної якості, довговічності, надійності, ремонтпридатності. Якісна робота машин і механізмів, їх надійність й довговічність залежать від багатьох факторів, а саме: від конструкції, вибору матеріалів, технології виробництва, точності обробки й складання, технічного обслуговування, діагностування окремих вузлів і агрегатів тощо.

Сучасний фахівець повинен вміти аналізувати ступінь впливу того чи іншого фактору на роботу конструкції.

Курсову роботу виконують для закріплення лекційного матеріалу та засвоєння методів діагностування конкретних систем, агрегатів, вузлів та механізмів рухомого складу міського електричного транспорту. Під час виконання курсової роботи студент повинен навчитись самостійно вирішувати (відповідно до завдання) конкретні технологічні й організаційно-технічні задачі, а також обґрунтовувати й розробляти конструкцію спеціальних засобів для виконання діагностування заданого виду обладнання або агрегату рухомого складу.

Студент виконує курсову роботу відповідно до варіанта, який призначає викладач. Під час оформлення роботи потрібно дотримуватися вимог стандартів і цих методичних рекомендацій. Під час захисту курсової роботи студент повинен мати розрахунково-пояснювальну записку, яка повинна містити повний обсяг відповідей на запитання свого завдання. Після захисту робота залишається на кафедрі.

1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

1.1 Завдання до курсової роботи

Курсову роботу з дисципліни «Діагностування рухомого складу електричного транспорту» виконують паралельно з вивченням лекційного курсу. Це сприяє глибшому засвоєнню навчального матеріалу, а також формуванню технічного кругозору майбутнього фахівця.

Її виконання має за мету такі напрями підготовки студента:

- отримання навичок творчого мислення під час вирішення різних технологічних питань щодо контролю технічного стану вузлів і агрегатів;
- навчання практичному використанню в майбутньому отриманих знань під час розв'язування завдань виробництва;
- отримання навичок складання алгоритму діагностування окремих вузлів та агрегатів рухомого складу міського електротранспорту;
- навчання основам роботи зі спеціальною літературою, стандартами, довідниками та іншими джерелами технічної інформації;
- отримання навичок письмового переказу наукового матеріалу та досвіду щодо самостійної роботи під час виконання магістерської роботи.

1.2 Зміст і варіанти завдань

Для виконання курсової роботи студент отримує завдання, в якому вказана тема, питання, що підлягають розробці, вихідні дані за варіантами, зміст розрахункової частини, а також терміни виконання роботи.

У процесі виконання роботи студент не повинен обмежуватися відомостями, отриманими під час вивчення дисципліни, а зобов'язаний продемонструвати знання Законів України з транспорту та спеціальної літератури, уміння використовувати новітні досягнення науки й техніки, аналізувати можливі варіан-

ти проєктних рішень з урахуванням їх технічної та економічної доцільності, охорони праці й екології.

У конструкторській частині роботи на підставі огляду патентів, винаходів та технічної літератури проводять аналіз існуючих аналогів, обґрунтовують запропоновану конструкцію, виконують розрахунок її елементів і дають опис роботи загалом.

Курсова робота повинна включати: пояснювальну записку (35–50 стор. формату А4), зокрема графічний матеріал.

Рекомендована структура пояснювальної записки:

- титульний лист;
- завдання на курсову роботу (вихідні дані);
- зміст розрахунково-пояснювальної записки;
- вступ;
- технологічна частина;
- конструкторська частина;
- питання з охорони праці;
- список використаних джерел;
- додатки.

Пояснювальна записка має бути оформлена відповідно до ДСТУ 3008-95 Документація. Звіти у сфері науки і техніки.

Графічна частина курсової роботи – конструкторські розробки (один аркуш формату А4).

Студент несе повну відповідальність за прийняті в роботі рішення, правильність розрахунків і оформлення відповідно до нормативних вимог.

Терміни виконання окремих розділів курсової роботи вказують у завданні або в графіку, розробленому на кафедрі для всіх студентських груп.

Вступ

1 Технологічна частина

- 1.1 Характеристика об'єкта діагностування.
- 1.2 Перелік основних несправностей та їх можливих причин для заданих систем і агрегатів.
- 1.3 Обґрунтування діагностичних параметрів.
 - 1.3.1 Обґрунтування діагностичних параметрів у статиці.
 - 1.3.2 Обґрунтування діагностичних параметрів у динаміці.
- 1.4 Розробка алгоритму діагностування.

2 Конструкторська частина

- 2.1 Аналіз технічних засобів діагностування.
- 2.2 Проектування технічних засобів для діагностування обладнання рухомого складу міського електричного транспорту.
- 2.3 Розробка інструкції з експлуатації пристрою, що пропонується.
- 2.4 Заходи з охорони праці під час роботи з пристроєм.

Список використаних джерел.

3 Графічна частина

Конструкторські розробки (аркуш формату А4) згідно з темою курсової роботи.

За вихідними даними, узгодженими з викладачем, виконати курсову роботу на тему: *«Розробка засобів діагностування систем та агрегатів рухомого складу електричного транспорту»*.

Вихідні дані видають студентам за варіантами (номер варіанта відповідає порядковому номеру студента в груповому журналі й номеру індивідуальної теми роботи, перелік яких наведено у додатку А). Для студентів заочної форми навчання тематика курсової роботи може відповідати питанням, що пов'язані з місцем роботи.

Зазвичай, вихідними даними для виконання роботи залежно від теми є такі:

- 1) тип рухомого складу;
- 2) інвентарне число РС [N_i], од;
- 3) найменування системи обладнання РС, його агрегату, машини тощо;
- 4) кількість відмов заданого агрегату (системи, машини) за рік, [m], шт.;
- 5) пробіг одиниці рухомого складу за місяць, L_M , км ;
- 6) експлуатаційні витрати на одиницю РС за місяць, E_M , грн.

Дані для виконання технологічної частини роботи:

- 1) M – маса кузова транспортного засобу, $\text{кг}\cdot\text{см}^{-1}$;
- 2) ρ – радіус інерції кузова відносно поперечної осі, що проходить через центр ваги, см;
- 3) $2C_{II}$ – жорсткість елементів передньої підвіски, $\text{кг}\cdot\text{см}^{-1}$;
- 4) $2C_3$ – жорсткість елементів задньої підвіски, $\text{кг}\cdot\text{см}^{-1}$;
- 5) a – відстань від центра ваги кузова до передньої осі, см;
- 6) b – відстань від центра ваги кузова до передньої осі, см;
- 7) α_1 – коефіцієнт пропорційності, $\text{кг}\cdot\text{см}^{-1}$;
- 8) α_4 – коефіцієнт пропорційності, $\text{кг}\cdot\text{см}^{-1}$.

1.3 Вимоги до оформлення курсової роботи

Перед видачею завдання на курсову роботу відповідно до навчальної робочої програми проводять практичні заняття, на яких детально розглядають зміст і обсяг роботи, послідовність виконання завдань, вимоги до її оформлення, перелік використовуваних літературних джерел і довідкових матеріалів, а також розв'язання аналогічних задач.

Захист курсової роботи проводять на 16–17 тижнях семестру. На ньому студент протягом 5 хвилин доповідає зміст роботи, обґрунтовує ефективність застосованих методів розрахунку й відповідає на запитання викладача. За результатами захисту та поданої курсової роботи ставлять оцінку за п'ятибальною та стобальною системою.

Зміст курсової роботи складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Матеріал пояснювальної записки потрібно викласти у логічній послідовності, за змогою коротко, але не на шкоду змісту. Обсяг записки загалом повинен становити 35–50 сторінок рукописного тексту (чорнилами або пастою одного кольору: чорного, синього, фіолетового) або 25–40 сторінок, роздрукованих на принтері. Зменшений обсяг розрахований на використання в процесі оформлення комп'ютера з шрифтом текстового редактора Word розміру 14 і міжрядковим інтервалом 1,5. Оформлення записки здійснюють згідно з вимогами ДСТУ 3008-95.

Текст виконують на нелінованому папері формату А4 (210x297 мм) із використанням однієї сторони аркуша. Допускають (у разі необхідності) застосування аркушів формату А3 (297x420мм). Кожна сторінка повинна мати межі тексту з дотриманням таких розмірів полів: верхнє, ліве й нижнє – не менше 20 мм, праве – не менше 10 мм.

Не допускають які-небудь прикрашення тексту зміною шрифту, підкреслюванням слів, фраз, назв чи елементів рубрикації, застосуванням різнокольорових літер тощо.

Пояснювальну записку починають із титульного аркуша (дод. А). Вона повинна мати такі структурні частини: зміст, вступ, перелік завдань згідно з варіантом студента, відповіді й розрахунки, висновки та список літератури.

Кожну структурну частину (розділ) починають з нової сторінки з відповідним заголовком (наприклад, «Вступ», «Розробка алгоритму діагностування», «Висновки» тощо). Заголовок розділу розміщують посередині рядка й пишуть великими літерами; всі підпункти починають з абзацного відступу звичайним розміром літер. Заголовки не підкреслюють, крапка не потрібна. Перенесення в заголовках забороняється. Якщо заголовок складається з двох чи більше речень, їх розділяють крапкою.

Відстань між заголовком і текстом має бути:

- при машинописному способі – не менше трьох інтервалів;
- при рукописному способі – не менш двох рядків.

Неприпустимо розміщувати будь-який заголовок внизу сторінки, коли за ним слідує тільки один рядок тексту. При оформленні розрахунків формули записують в окремих рядках посередині з обов'язковим посиланням на літературне джерело, звідки вони взяті. Формула повинна мати номер; нумерація може бути наскрізною або в межах одного розділу, наприклад:

$$T_B = T_{cп} + T_{мдр} \cdot \quad (2)$$

або

$$P = e^{-\omega \cdot L} \cdot 100 \% . \quad (2.4)$$

Усі символи, які входять до формули, повинні мати пояснення безпосередньо після приведеної формули; при цьому перший рядок починають зі слова “де” без двокрапки:

$$t_{\text{дсп}_i} = \sum_1^n q_i \cdot t_{\text{дсп}_i}, \quad (2.6)$$

де q_i – імовірність повторення i -ї операції;

n – число операцій при діагностуванні;

$t_{\text{дсп}_i}$ – середній час діагностування i -ї операції.

У кінці кожної розшифровки рекомендують ставити крапку з комою, а в кінці останньої – крапку. Позначення одиниць вимірювання фізичних величин у кожній експлікації потрібно відокремлювати комою від її тексту. Рекомендують вирівнювати колонку розшифровки за знаком тире.

При повторенні в наступних формулах раніше наведених позначень величин, фізична сутність яких залишається незмінною, розшифровка їх не обов’язкова. Однак допускається повторення експлікації величин, якщо формули відділені одна від одної. У пояснювальній записці необхідно навести результати розрахунків з обов’язковим зазначенням (без дужок) одиниці вимірювання розрахункової величини.

Схеми й рисунки в тексті виконують чорним олівцем, чорнилами або пастою, в окремих випадках – із застосуванням розмножувальної техніки.

Креслення технологічного обладнання для діагностування вузла чи агрегату рухомого складу виконують відповідно до вимог ЄСКД на аркуші формату А4 (210x297 мм) олівцем або за допомогою графобудувача. Обсяг графічної частини становить один аркуш.

2 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

2.1 Обґрунтування діагностичних параметрів у статистиці

Технічний стан машин та їх складальних одиниць проявляється в різних формах через безліч ознак. Ознаки, що характеризують технічний стан машин і що виявляються кількісно, належать до параметрів технічного стану. До них належать:

– *структурні параметри*, що характеризують структуру машини, складальної одиниці або деталей і сполучень (зазори, натяги, положення елементів, що регулюються й ін.);

– *функціональні параметри*, що характеризують функціонування машини загалом і їх складальних одиниць (потужність, питомі витрати енергії, тиск рідини в гідросистемі, тривалість циклів або операцій тощо);

– *супроводжувальні параметри* процесів, що супроводжують роботу машин або їх складальних одиниць (параметри шуму й вібрації, зміни температури тощо).

Кожний з параметрів технічного стану, що входять до перелічених видів, якщо їх використовують безпосередньо для діагностування, є діагностичним параметром. Крім діагностичних параметрів, у процесі діагностування вимірюють також параметри, що необхідні для контролю й підтримки заданого режиму роботи об'єкта діагностування. До таких параметрів належать, наприклад, температуру робочої рідини в гідросистемі, тиск і частоту обертання валу гідронасоса під час визначення його коефіцієнта подачі (за результатами вимірювання подачі при різних тисках у напірній магістралі). Контролювальні параметри можуть і не бути параметрами технічного стану.

Основною причиною зміни технічного стану машини є зміна структурних параметрів. Технічне обслуговування, що включає регулювальні роботи й ремонти, спрямоване на відновлення первинних значень структурних параметрів

складальних одиниць машини. Структурні параметри, які використовують як діагностичні, називають також і прямими параметрами. Можливість їх безпосереднього вимірювання без розбирання складальних одиниць зазвичай дуже обмежена, тому найзагальнішим випадком є використання непрямих (побічних) діагностичних параметрів – функціональних і супроводжувальних та їх похідних, що залежать від структурних і тих, що несуть необхідну інформацію щодо технічного стану об'єкта діагностування.

За ступенем локалізації діагностичні параметри поділяють на дві групи: узагальнюючі й окремі. Перші характеризують загальний стан складальної одиниці і машин в цілому; другі – стан окремих елементів.

Під час вибору діагностичних параметрів можна застосовувати метод, який полягає в такому. Вибирають основні структурні параметри й ті параметри, які можна використовувати як діагностичні. За даними статистичних відмов визначають «імовірну вагу» структурних параметрів при різних станах діагностичного об'єкта, а також встановлюють імовірність виникнення цих станів при різних комбінаціях діагностичних параметрів.

Сьогодні машини оснащують бортовими й вбудованими системами діагностування, при цьому не втрачають актуальність і традиційні системи зовнішнього діагностування. У зв'язку з цим під час вибору діагностичних параметрів необхідно визначити, які з них доречно контролювати бортовими системами, а які – за допомогою зовнішніх засобів технічного діагностування.

У курсовій роботі необхідно визначити (для заданого вузла чи агрегату) структурні й діагностичні параметри.

У цьому розділі курсової роботи необхідно визначити такі показники: параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову, імовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт технічної готовності, а при відомих експлуатаційних витратах – і економічні показники.

Параметр потоку відмов свідчить про кількість відмов, що припадають на одиницю пробігу. Він дорівнює:

$$\omega = \frac{m_{ri}}{L_{др}} [1/\text{км}], \quad (2.1)$$

де m_{ri} – кількість i -ої відмови заданої системи чи агрегату;

$L_{др}$ – річний пробіг рухомого складу, км.

Середнє напрацювання на відмову визначають за формулою:

$$L_{cp} = \frac{L_{др}}{m_{ri}}, \quad \text{або} \quad L_{cp} = \frac{1}{\omega} \quad [\text{км}] . \quad (2.2)$$

Імовірність безвідмовної роботи:

для окремих (заданих) елементів рухомого складу:

$$P_2 = e^{-\omega \cdot L}, \quad \text{або} \quad P = e^{-\omega \cdot L} \cdot 100\% . \quad (2.3)$$

Для заданих вузлів будують залежність $P = f(L)$ із використанням таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Імовірність безвідмовної роботи окремих вузлів

L	км	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000	35 000	40 000	45 000
P										

Залежно від кількості відмов, значення величин пробігів у таблиці може бути змінене для отримання залежності на сторінці пояснювальної записки. Оскільки для вузлів (агрегатів) рухомого складу МЕТ рівень безвідмовності нормований, то на графічній залежності відмічається пробіг, при якому забезпечується імовірність безвідмовної роботи $P = 0,95$ (для вузлів, агрегатів, котрі забезпечують безпеку руху) і $P = 0,85$ – для інших вузлів.

Сумарні експлуатаційні витрати:

$$E_{\Sigma} = E_m \cdot N_i \cdot 12, \quad (2.4)$$

де E_m – експлуатаційні витрати на одиницю рухомого складу за місяць, грн;

N_i – інвентарний парк, од.

Питома вартість одного машинокілометра:

$$q_1 = \frac{E_{\Sigma}}{L_{DP}} \quad [\text{грн/км}]. \quad (2.5)$$

Експлуатаційні витрати віднесені до середнього напрацювання на відмову:

$$q_2 = \frac{E_{\Sigma}}{L_{CP}} \quad [\text{грн/км}]. \quad (2.6)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Показники надійності рухомого складу

Показники	ω	L_{CP}	P	q_1	q_2
Одиниці виміру	1/км	10^3	%	грн/км	грн/км
Значення					

2.2 Обґрунтування діагностичних параметрів у динаміці

Основними причинами коливання транспортного засобу, є нерівність дороги чи поверхонь катання колеса, нерівномірність руху та взаємодія елементів та частин системи, вплив силових пристроїв об'єкта та контактного дроту й метеорологічних факторів. Коливання збуджуються також від різних дефектів виготовлення елементів або тих, що виникли в процесі експлуатації. Рівень коливань залежить як від факторів збудження, так і від динамічних характеристик об'єкта. Важливе значення при цьому має співвідношення між спектральними характеристиками об'єкта (його складників) і спектральними характеристиками збудження.

Дефекти послаблення жорсткості підвіски (поява тріщин, ослаблення кріплення, спрацювання елементів тощо) можуть визначатись із використанням спектральних характеристик вібропроцесів транспортного засобу під час його експлуатації. Характерні ознаки дефектів можна визначити під час аналізу спектральних характеристик вібропроцесів об'єкта в разі появи дефектів і без них.

*Складання розрахункової схеми та рівняння руху двовісної моделі
транспортного засобу*

Об'єкт зображують системою пружнозв'язаних твердих тіл 1–5 (рис. 2.1). Тут тіло 1 схематично відтворює кузов, а тіла 2–5 – колеса, маси яких приймають зосередженими у відповідних точках. Раму зображують недеформованими невагомими елементами, маса та момент інерції яких враховують відповідними параметрами кузова.

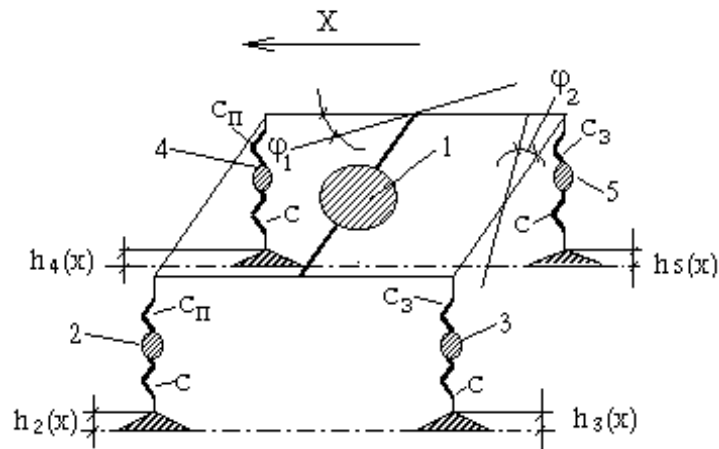


Рисунок 2.1 – Система пружнозв'язаних тіл об'єкта

Об'єкт рухається нерівною дорогою в напрямку X . Профіль дороги характеризують величини $h_2(x) = h_4(x)$, $h_3(x) = h_5(x)$. Розрахункову модель транспортного засобу будемо з урахуванням, що найбільший інтерес викликають зміщення об'єкта у вертикальному напрямку. Рух такої системи за коливань у вертикальному напрямку можна охарактеризувати координатами: $y_1(t)$ – вертикальне зміщення центра ваги кузова; $y_2(t)$, $y_3(t)$, $y_4(t)$, $y_5(t)$ – вертикальні зміщення центрів ваги коліс; $\varphi_1(t)$ – поворот кузова відносно поперечної осі; $\varphi_2(t)$ – поворот кузова відносно поздовжньої осі.

Транспортні засоби проєктують так, щоб вони найбільше відповідали умовам симетрії відносно середньої поздовжньої площини. Тому в розрахунках зазвичай не враховують малу асиметрію в розподілі мас об'єкта й жорсткості пружних елементів. При цьому загальний процес коливань можна розглядати

як складання двох взаємно не зв'язаних процесів: перший характеризується вертикальними зміщеннями кузова $y_1(t)$ («підплигування»), поворотом кузова відносно поперечної осі $\varphi_1(t)$ («поздовжнє качання») і попарно рівними зміщеннями обох передніх коліс $y_2(t) = y_4(t)$ та обох задніх $y_3(t) = y_5(t)$; другий характеризується поворотом кузова відносно поздовжньої осі $\varphi_2(t)$ («бокове качання») і попарно рівними зміщеннями обох лівих $y_2(t) = y_3(t)$ і обох правих $y_4(t) = y_5(t)$ коліс.

Розглянемо перший з цих процесів, оскільки він викликає найбільший практичний інтерес. Позначимо жорсткості коліс через c , жорсткості елементів передньої та задньої підвісок – відповідно через c_{Π} , c_3 , маси кузова й колеса – відповідно через M та m . Радіус інерції кузова відносно поперечної осі, що проходить через центр ваги, позначимо через ρ . За прийнятих позначень деформації передньої δ_{Π} і задньої δ_3 ресор визначаються так:

$$\begin{aligned} \delta_{\Pi} &= y_1 + a\varphi_1 - y_2; \\ \delta_3 &= y_1 - b\varphi_1 - y_3, \end{aligned} \tag{2.7}$$

де a і b – відстань від центра ваги кузова до передньої та задньої осей. Відповідно деформація переднього колеса буде $y_2 - h_2$, а заднього $y_3 - h_3$.

Надалі, для спрощення задачі, будемо вважати колеса недеформованими. Тоді спрощена модель системи (рис. 2.2) має два ступеня свободи, а узагальненими координатами будуть y_1 та φ_1 .

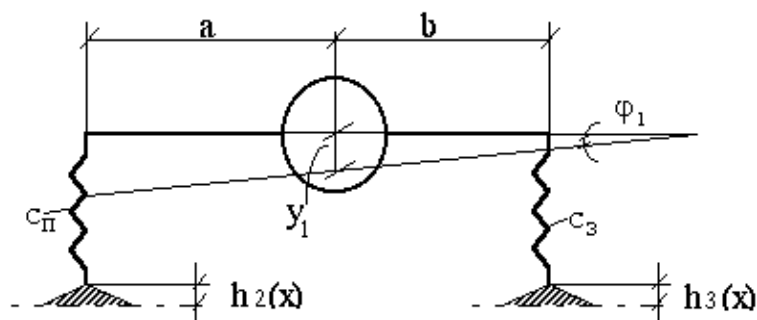


Рисунок 2.2 – Спрощена модель системи

Кінетична та потенціальна енергія для такої моделі системи мають вигляд

$$T = \frac{1}{2}M(\dot{y}_1^2 + \rho^2\dot{\varphi}_1^2);$$

(2.8)

$$\Pi = c_n(y_1 - h_2 + a\varphi_1)^2 + c_3(y_1 - h_3 - b\varphi_1)^2.$$

Рівняння коливань для цієї моделі запишемо так [4]:

$$M\dot{y}_1 + 2c_n(y_1 + a\varphi_1) + 2c_3(y_1 - b\varphi_1) = 2c_n h_2(x) + 2c_3 h_3(x);$$

(2.9)

$$M\rho^2\ddot{\varphi}_1 + 2c_n(y_1 + a\varphi_1)a - 2c_3(y_1 - b\varphi_1)b = 2c_n a h_2(x) - 2c_3 b h_3(x).$$

Врахуємо витрату енергії на тертя у формі роботи зовнішніх сил в'язкого тертя за Фойгтом [5], що пропорційні швидкостям. Варіація роботи цих сил виглядає так:

$$\delta A = -\alpha_1 \dot{y}_1 \delta y_1 - \alpha_2 \dot{y}_2 \delta y_2 - \alpha_3 \dot{y}_3 \delta y_3 - \alpha_4 \dot{\varphi}_1 \delta \varphi_1,$$

де $\alpha_1, \dots, \alpha_4$ – коефіцієнти пропорційності.

$$\text{Тоді } Q_{y_k} = -\alpha_k \dot{y}_k, \quad Q_{\varphi_1} = -\alpha_4 \dot{\varphi}_1, \quad (k = 1, 2, 3).$$

Розрахунок спектральних характеристик двовісної моделі транспортного засобу

Для визначення коливань транспортного засобу, що рухається нерівною дорогою, потрібно використати рівняння для спрощеної моделі. Надалі використаємо спрощені рівняння (2.9). У цих рівняннях $h_2(x)$, $h_3(x)$ – функції, що описують профіль дороги. Прийmemo, що швидкість V транспортного засобу є величина незмінна в часі так, що $x = V \cdot t$. Тоді функції, що визначають нерівність дороги $h_2(x) = h_2(V \cdot t)$, $h_3(x) = h_3(V \cdot t)$, можна зобразити відповідно функціями часу $\bar{h}_2(t)$, $\bar{h}_3(t)$. З урахуванням того, що профіль дороги є випадковою функцією координати, а при переміщенні транспортного засобу його можна зобразити як випадкову функцію часу, задача визначення характеристик коливань об'єкта, що рухається нерівною дорогою, набуває вигляд у задачі про випадкові коли-

вання лінійної системи з випадковим збудженням. Останнє можна зобразити центрованою стаціонарною випадковою функцією часу, що спостерігається в інтервалі $0 \leq t \leq T$. Тоді кожна реалізація може бути зображена у спектральній формі ряду Фур'є з випадковими коефіцієнтами розкладання a_k та b_k , які є різними для кожної реалізації [6,7] (надалі замість $\bar{h}(t)$ будемо писати $h(t)$)

$$h(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t), \quad (2.10)$$

де $\omega_k = k \frac{2\pi}{T}$, T – інтервал спостереження випадкової функції.

З урахуванням того, що $h_2(t)$ та $h_3(t)$ зображуються однією й тією самою випадковою стаціонарною функцією $h(t)$, рівняння (2.12) із наявністю витрати енергії на тертя можна записати так:

$$\begin{aligned} r_1 \ddot{y}_1 + r_2 \dot{y}_1 + r_3 (y_1 + a\varphi_1) + r_4 (y_1 - b\varphi_1) &= h(t); \\ r_5 \ddot{\varphi}_1 + r_6 \dot{\varphi}_1 + r_7 (y_1 + a\varphi_1) - r_8 (y_1 - b\varphi_1) &= h(t), \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} \text{де } r_1 &= \frac{M}{2(c_{\dot{k}} + c)}; \quad r_2 = \frac{\alpha_1}{c + c_{\dot{k}}}; \quad r_3 = \frac{c}{c + c_{\dot{k}}}; \quad r_4 = \frac{c_{\dot{k}}}{c + c_{\dot{k}}}; \\ r_5 &= \frac{M\rho^2}{2(ac + bc_{\dot{k}})}; \quad r_6 = \frac{\alpha_4}{ac + bc_{\dot{k}}}; \quad r_7 = \frac{c \cdot a}{ac + bc_{\dot{k}}}; \quad r_8 = \frac{c_{\dot{k}} \cdot b}{ac + bc_{\dot{k}}}. \end{aligned}$$

Стаціонарна випадкова функція $h(t)$ зображується сукупністю гармонічних випадкових функцій заданих частот ω_k (2.10), до того ж a_k і b_k – некорельовані випадкові величини з рівними нулю математичним очікуванням і однаковою дисперсією так, що $h(t)$ є канонічним розкладом. Дисперсія стаціонарної випадкової функції $h(t)$ дорівнює сумі дисперсій коефіцієнтів при гармоніках усіх частот;

$$D_h = \sum_{k=0}^{\infty} D_{ak} = \sum_{k=0}^{\infty} D_{bk}, \quad (2.12)$$

де $D_{ak} = M[a_k^2]$; $D_{bk} = M[b_k^2]$ (тут M – символ математичного очікування).

Кореляційна функція має вигляд

$$k_h(\tau) = \sum_{k=0}^{\infty} D_k \text{Cos} \omega_k \tau. \quad (2.13)$$

Зазначимо, що спектральне зображення (2.10) на скінченному інтервалі стаціонарної випадкової функції можна записати ще й так:

$$h(t) = \sum_{k=0}^{\infty} C_k \text{Cos}(\omega_k t + \alpha_k), \quad (2.14)$$

де C_k, α_k – випадкові величини.

Ураховуючи, що $C_k^2 = a_k^2 + b_k^2$, маємо для визначення дисперсії

$$D_h = \sum_{k=0}^{\infty} D_{ck};$$

$$D_{ck} = M[C_k^2] = M[a_k^2] + M[b_k^2] = 2D_{ak} = 2D_{bk}. \quad (2.15)$$

Відзначимо, що α_k – випадкова початкова фаза – не має суттєвого значення для визначення вірогідних властивостей стаціонарної випадкової функції $h(t)$.

Розподіл дисперсій коефіцієнтів за частотами є енергетичним спектром випадкового процесу. При зростанні періоду спостереження T зменшується інтервал між сусідніми гармоніками. Гранично маємо безперервний спектр по ω так, що дисперсію (2.12) визначають через спектральну функцію $S(\omega)$ випадкового процесу так:

$$D_h = \int_0^{\infty} S(\omega) d\omega. \quad (2.16)$$

Кореляційна функція (2.13) при безперервному спектрі має вигляд

$$k_h(\tau) = \int_0^{\infty} S(\omega) \text{Cos} \omega \tau d\omega. \quad (2.17)$$

Навпаки, спектральну функцію виражають через кореляційну так:

$$S(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} k_h(\tau) \cos \omega \tau dt. \quad (2.18)$$

Спектральні функції переміщень системи $S_y(\omega)$, $S_\varphi(\omega)$ можна визначити, якщо буде знайдений добуток спектральної функції збудження $S_h(\omega)$ і квадрата модуля комплексної частотної характеристики (комплексної передавальної функції) системи $|F(i\omega)|^2$ [2,3]

$$S_y(\omega) = |F_y(i\omega)|^2 S_h(\omega); \quad (2.19)$$

$$S_\varphi(\omega) = |F_\varphi(i\omega)|^2 S_h(\omega).$$

Якщо ж будуть відомі дисперсії коефіцієнтів при гармоніках усіх частот (2.12), (2.15) $D_{ak} = D_{bk}$ випадкової функції збудження (2.10) або (2.14) і квадрат модуля комплексної частотної характеристики $|F(i\omega)|^2$, то дисперсії складників відгуку системи можна визначити так:

$$D_y(\omega_k) = |F_y(i\omega_k)|^2 D_{ak}(\omega_k);$$

$$D_\varphi(\omega_k) = |F_\varphi(i\omega_k)|^2 D_{ak}(\omega_k).$$

Для визначення $F(i\omega)$ потрібно знайти рішення рівнянь, ліва частина яких співпадає з (2.11):

$$r_1 \ddot{y}_1 + r_2 \dot{y}_1 + (r_3 + r_4) y_1 + (r_3 a - r_4 b) \varphi_1 = e^{i\omega t}; \quad (2.20)$$

$$r_5 \ddot{\varphi}_1 + r_6 \dot{\varphi}_1 + (a r_7 + b r_8) \varphi_1 + (r_7 - r_8) y_1 = e^{i\omega t}.$$

Часткове рішення системи (2.20) має вигляд

$$y_1 = F_y(i\omega) e^{i\omega t}, \quad \varphi_1 = F_\varphi(i\omega) e^{i\omega t}. \quad (2.21)$$

Якщо в (2.20) використати (2.21) і виконати необхідні перетворення, отримаємо

$$F_y(i\omega) = \frac{A + iB}{C + iD}; \quad F_\varphi(i\omega) = \frac{A_* + iB_*}{C + iD},$$

де коефіцієнти A, B, \dots, C, D виражають через параметри системи та частоту ω .

Наприклад,

$$A = -r_5\omega^2 + a(r_7 - r_3) + b(r_4 + r_8);$$

$$A_* = -r_1\omega^2 + r_3 + r_4 - r_7 + r_8;$$

$$B = r_6\omega;$$

$$C = r_1r_5\omega^4 - \omega^2[r_1(ar_7 + br_8) + r_5(r_3 + r_4) + r_2r_6] + (a + b)(r_3r_8 + r_4r_7);$$

$$D = -(r_1r_6 + r_2r_5)\omega^3 + \omega[r_2(ar_7 + br_8) + r_6(r_3 + r_4)].$$

Квадрати модулів комплексних частотних характеристик для знаходження спектральних функцій переміщень (2.19) мають вигляд

$$|F_y(i\omega)|^2 = \frac{A^2 + B^2}{C^2 + D^2}; \quad |F_\varphi(i\omega)|^2 = \frac{A_*^2 + B_*^2}{C^2 + D^2}.$$

Тоді

$$S_y(\omega) = \frac{A^2(\omega) + B^2(\omega)}{C^2(\omega) + D^2(\omega)} \cdot S_h(\omega);$$

(2.22)

$$S_\varphi(\omega) = \frac{A_*^2(\omega) + B_*^2(\omega)}{C^2(\omega) + D^2(\omega)} \cdot S_h(\omega).$$

Для знаходження комплексної частотної характеристики швидкості та прискорення необхідно використати (2.21). Так,

$$\dot{y}_1 = i\omega[F_y(i\omega)] \cdot e^{i\omega t}, \quad \ddot{y}_1 = -\omega^2[F_y(i\omega)] \cdot e^{i\omega t}.$$

Для спектральних характеристик цих параметрів маємо співвідношення [2]:

$$S_{\dot{y}}(\omega) = \omega^2 S_y(\omega), \quad S_{\ddot{y}}(\omega) = \omega^4 S_y(\omega).$$

Тоді з урахуванням (2.22):

$$S_{\dot{y}}(\omega) = \omega^2 \cdot \frac{A^2(\omega) + B^2(\omega)}{C^2(\omega) + D^2(\omega)} \cdot S_h(\omega);$$

$$S_{\ddot{y}}(\omega) = \omega^4 \cdot \frac{A^2(\omega) + B^2(\omega)}{C^2(\omega) + D^2(\omega)} \cdot S_h(\omega).$$

Аналогічні вирази можна записати й для кутової координати φ .

Визначимо спектральні характеристики вертикального переміщення та прискорення об'єкта з використанням розглянутої моделі. Припустимо, що випадкова функція $h(t)$ відповідає обмеженому «білому шуму» в діапазоні частот $\omega_0 \leq \omega \leq \omega_1$, тоді

$$\omega_0 \leq \omega \leq \omega_1, S_h(\omega) = S_0;$$

$$\omega > \omega_1, S_h(\omega) = 0.$$

Спектральні характеристики визначаються в частотному діапазоні $\omega_0 \leq \omega \leq \omega_1$ так:

$$S_y(\omega) = \frac{A^2(\omega) + B^2(\omega)}{C^2(\omega) + D^2(\omega)} \cdot S_0; \tag{2.23}$$

$$S_{\dot{y}}(\omega) = \omega^4 \cdot \frac{A^2(\omega) + B^2(\omega)}{C^2(\omega) + D^2(\omega)} \cdot S_0.$$

Далі виконуємо графічне зображення $S_y(\omega)/S_0$ та $S_{\dot{y}}(\omega)/S_0$, отримане за (2.23) для діапазону $0,1 \leq \omega \leq 50 \text{ с}^{-1}$.

Дисперсії y та \dot{y} визначаються так:

$$D_y = \int_0^{\infty} S_y(\omega) d\omega = S_0 \int_{\omega_0}^{\omega_1} \frac{A^2(\omega) + B^2(\omega)}{C^2(\omega) + D^2(\omega)} d\omega; \tag{2.24}$$

$$D_{\dot{y}} = \int_0^{\infty} S_{\dot{y}}(\omega) d\omega = S_0 \int_{\omega_0}^{\omega_1} \omega^4 \cdot \frac{A^2(\omega) + B^2(\omega)}{C^2(\omega) + D^2(\omega)} d\omega.$$

Інтеграли в (2.24) доцільно вирахувати з використанням чисельних методів та ЕОМ.

Після відповідних обчислень із використанням значень параметрів системи визначимо дисперсію та середньоквадратичне відхилення.

2.3 Принцип складання алгоритму діагностування

При організації технологічного процесу діагностування ставиться завдання раціональної мінімізації кількості контрольних-вимірних операцій, підвищення чіткості виміру діагностичних параметрів і, відповідно, достовірності встановлення діагнозу. При цьому повинна дотримуватися загальна умова мінімізації витрат на експлуатацію, обслуговування та ремонт об'єкта, що діагностується, зі збереженням на належному рівні коефіцієнта готовності парку.

Технічне діагностування спрямоване на вирішення трьох основних завдань: визначення роботоспроможності об'єкта, виявлення та локалізація відмови й несправності та визначення залишкового 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 – зовнішній признак (симптом) – діагностичний параметр. Кількість ланок ланцюга для кожного конкретного випадку (стосовно до різних систем і агрегатів) може змінюватися. Кожна ланка визначає задавальний рівень пошуку або технологічного кроку, що спрямований на встановлення несправності.

У курсовій роботі необхідно скласти алгоритм діагностування заданого вузла чи агрегату рухомого складу (приклад алгоритму діагностування поданий у додатку В).

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА. РОЗРОБКА СПЕЦІАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ

3.1 Аналіз технічних засобів діагностування

У конструкторській частині наводять технічний опис розробленого пристрою (приладу, пристосування) з необхідними розрахунками й інструкцією з експлуатації.

Опис виконують за такими основними пунктами:

1) **ПЕРЕДМОВА** – призначення технічного опису й інструкції з експлуатації;

2) **ПРИЗНАЧЕННЯ** – призначення пристрою (приладу, пристосування): для чого, для яких атмосферних умов, яке живлення ?

3) **ТЕХНІЧНІ ДАНІ** – доводять основні технічні дані, наприклад:

– максимальний споживаний струм, А – 20;

– напруга живлення, В – 24;

– габаритні розміри, мм – 400 × 200 × 100;

– час безупинної роботи, год – 2;

– маса, кг – 5;

– потужність, споживана від мережі, Вт – 200;

4) **СКЛАД ПРИЛАДУ** – наводять перелік окремих блоків, приладів, інструментів, що необхідні для виконання заданого завдання;

5) **ПРИСТРІЙ І ЙОГО РОБОТА** – наводять опис електричної схеми пристрою, його конструкції та необхідні розрахунки.

Для електричних приладів опис може бути виконаний у такому порядку:

– опис електричної структурної схеми;

– принцип дії;

– опис принципової електричної схеми (розрахунки щодо визначення параметрів схеми або її елементів);

– конструкція приладів;

Для пристосування опис може містити:

- склад пристосування (перелік вузлів і деталей, зв'язок між ними);
- опис роботи;
- розрахунки основних деталей;
- вибір матеріалів і стандартних деталей;

6) ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ З ПИТАНЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ – перелік підготовчих робіт перед застосуванням;

7) ВКАЗІВКИ ЩОДО ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ – перелік основних заходів безпеки при використанні пристрою (приладу, пристосування);

8) ПІДГОТОВКА ПРИСТРОЮ ДО РОБОТИ (приладу, пристосування) – перелік підготовчих робіт;

9) ХАРАКТЕРНІ НЕСПРАВНОСТІ ТА МЕТОДИ ЇХ УСУНЕННЯ – перелік найбільш можливих несправностей подають у вигляді таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характерні несправності й методи їх усунення

Найменування несправності, зовнішнє проявлення та додаткові ознаки	Імовірна причина	Метод усунення	Примітка
1	2	3	4

3.2 Проектування технічних засобів для діагностування обладнання рухомого складу міського електричного транспорту

У конструкторській частині роботи проводять розробку пристосувань, пристроїв, приладів, що дають змогу підвищити продуктивність праці, поліпшити якість роботи з одночасним зниженням витрат на технічне обслуговування (далі ТО), поліпшити умови праці й виключити травматизм.

Під час розробки об'єкта конструкторської частини необхідно ознайомитися з існуючими аналогами, призначеними для подібних робіт або операцій, визначити їх переваги й недоліки, а також вивчити умови, в яких буде застосовуватися розробка. Вивчення аналогів проводять за технічною літературою та

патентами. Порівняльний аналіз технологічного устаткування, пристосувань, пристроїв краще виконувати у вигляді таблиці.

Обравши варіант конструкторської частини, студент повинен погодити з викладачем обсяг робіт, тобто кількість проєкцій загального вигляду й кількість робочих креслень, види й обсяг електричних, гідравлічних, пневматичних, кінематичних схем, а також обсяг розрахунків з обґрунтування конструкції.

У роботі може бути розроблено пристрій, пристосування, прилад для виконання одного з таких видів робіт:

- демонтажно-монтажних, розбірно-складальних, кріпильних;
- контрольно-діагностичних і регулювальних за агрегатами, системами й устаткуванням рухомого складу;
- мастильних, мийних, фарбувальних тощо.

Це можуть бути пристрої:

- а) для виміру натискання струмоприймачів на контактний дріт, контролю різниці їхньої довжини та зносу контактних уставок;
- б) контролю уставок струмових реле, автоматичних вимикачів, реле напруги, часу та параметрів групових апаратів;
- в) виміру опору ізоляції або струмів витoku троллейбусів;
- г) оцінки ступеня комутації електричних машин;
- д) контролю електрорушійної сили, напруги акумуляторних батарей;
- е) виміру параметрів вібрації ходових частин, компресора;
- ж) установки коліс, люфтів рульового керування, карданного валу;
- з) зносу бандажів колісних пар тощо.

Крім цього, може бути розроблене спеціальне технологічне устаткування та пристрої: гайковерти, динамометричні ключі, установки для миття й сушіння рухомого складу, фарбування, рихтування кузова, підкачування коліс тощо, а також системи забезпечення безпеки роботи під час миття рухомого складу (зниження напруги в контактній мережі у зоні мийки), роботи на даху рухомого складу й в оглядових канавах.

Опис конструкції та порядок роботи запропонованого пристрою (пристосування, приладу) виконують за формою посібника з експлуатації відповідно до п. 3.2.

Запропоновану конструкцію пристрою (приладу, пристосування) надають в кресленні, що виконане на аркуші формату А4. Кількість проєкцій загального вигляду повинна бути достатньою, щоб можна було зрозуміти конструкцію пристрою та принцип його роботи.

Бажано, крім електричної схеми, показувати також конструкцію приладу (пристрою).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коваленко А. В. Діагностування рухомого складу електричного транспорту конспект лекцій (для магістрантів 1 курсу всіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / А. В. Коваленко, В. М. Шавкун, В. В. Ліньков; – Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 152 с.
2. Практикум з технічної експлуатації міського електричного транспорту : навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будніченко, В. І. Коваленко та ін. ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. – 194 с.
3. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: навчальний посібник. / Є. Ю. Формальчик, М. С. Олісевич, О. Л. Мастикаш, Р. А. Пельо – Львів : Афіша, 2004. – 492 с.
4. Правила експлуатації трамвая і троллейбуса. Затв. Держжитлокомунгоспом України 10.12.96. (Наказ № 103), введ. в дію з 16.03.97. Доп. 2004. – Київ : Держжитлокомунгосп, 2004. – 108 с.
5. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи із навчальної дисципліни «Діагностування рухомого складу електричного транспорту» (для магістрантів 1 курсу усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад . А. В. Коваленко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 30 с.
6. Канарчук В. Є. Надійність машин : навч. посібник. / В. Є. Канарчук, С. К. Полянський, М. М. Дмитрієв – Київ : НТУ, 2001. – 428 с.
7. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. / В. Ф. Веклич – М. : Транспорт, 1990. – 295 с.
8. Харазов А. М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей : справочное пособие. / А. М. Харазов – М. : Высшая школа, 1990. – 208 с.

ДОДАТОК А

Вихідні дані до виконання курсової роботи

Таблиця А.1 – Вихідні дані до виконання курсової роботи

№ з/п	ПІБ	Тип РС	Система, агрегат	m_i	N_i , од	L_m , км	E_m , грн
1		ЗіУ-9	Гальмівний кран	345	150	4000	1300
2		ЗіУ-10	ТЕД	320	200	6000	1400
3		ПМЗ-Т2	Компресор	235	220	5000	1750
4		ROCAR	Струмоприймачі	295	250	4500	1800
5		Т-3	Колісна пара	420	95	4200	1250
6		ЗіУ-10	Гальмівні циліндри	265	120	6000	1100
7		14Тр	Струмоприймачі	305	145	5500	950
8		ЗіУ-9	Центральний редуктор	260	110	4000	870
9		ROCAR	Рульове керування	275	120	7000	1200
10		ПМЗ-Т2	Передній міст	210	75	6000	1100
11		Т-3М	Карданний вал	190	100	5000	1100
12		ROCAR	Гальмівний барабан	245	120	3000	1200
13		Т-3	ТЕД	325	140	5000	950
14		14Тр	Кузов	250	105	3500	980
15		ЗіУ-9	Тяговий редуктор	220	120	5500	1100
16		ROCAR	Задній міст	245	205	4000	1200
17		ПМЗ-Т1	Генератор	150	110	5000	1300
18		ЗіУ-9	Ізоляція	310	120	6000	1200
19		ЗіУ-10	Контакторна Панель	260	100	3000	1050
20		ROCAR	Поворотно-зчпний пристрій	270	95	4500	1300
21		ЗіУ-9	Світлова сигналізація	275	110	3000	1200
22		ЗіУ-9	Колеса	250	90	6000	1200
23		ROCAR	ТІСУ	375	110	5000	1400
24		ЗіУ-9	Двигун компресора	280	130	5500	1200
25		ЗіУ-10	АКБ	172	105	4000	1100

Таблиця А.2 – Вихідні дані до виконання курсової роботи

№ з/п	ПІБ	Тип РС	Система, агрегат	m_i	N_i , од	L_m , км	E_m , грн
1		ЗіУ-9	Гальм. кран	270	95	4500	1300
2		ЗіУ-10	ТЕД	275	110	3000	1200
3		ПМЗ-Т2	Компресор	250	90	6000	1200
4		ROCAR	Струмоприймачі	375	110	5000	1400
5		Т-3	Колісна пара	280	130	5500	1200
6		ЗіУ-10	Гальмівний циліндри	210	75	6000	1100
7		14Тр	Струмоприймачі	190	100	5000	1100
8		ЗіУ-9	Центральний редуктор	245	120	3000	1200
9		ROCAR	Рульове керування	325	140	5000	950
10		ПМЗ-Т2	Передній міст	250	105	3500	980
11		Т-3М	Карданний вал	190	100	5000	1100
12		ROCAR	Гальмівний барабан	245	120	3000	1200
13		Т-3	ТЕД	325	140	5000	950
14		14Тр	Кузов	250	105	3500	980
15		ЗіУ-9	Тяговий редуктор	220	120	5500	1100
16		ROCAR	Задній міст	245	205	4000	1200
17		ПМЗ-Т1	Генератор	150	110	5000	1300
18		ЗіУ-9	Ізоляція	310	120	6000	1200
19		ЗіУ-10	Контакторна панель	260	100	3000	1400
20		ROCAR	Поворотно-зчпний пристрій	270	95	4500	1200
21		ЗіУ-9	Світлова сигналізація	275	110	3000	1100
22		ЗіУ-9	Колеса	250	90	6000	1250
23		ROCAR	ТІСУ	375	110	5000	1100
24		ЗіУ-9	Двигун компресора	280	130	5500	950
25		ЗіУ-10	АКБ	172	105	4000	870

Таблиця А.3 – Вихідні дані до виконання курсової роботи

№ з/п	ПІБ	Тип РС	Система, агрегат	m_i	N_i , од	L_m , км	E_m , грн
1		ЗіУ-9	Гальмівний кран	190	100	5000	1300
2		ЗіУ-10	ТЕД	245	120	3000	1400
3		ПМЗ-Т2	Компресор	325	140	5000	1750
4		ROCAR	Струмоприймачі	250	105	3500	1800
5		Т-3	Колісна пара	220	120	5500	1250
6		ЗіУ-10	Гальмівні циліндри	245	205	4000	1100
7		14Тр	Струмоприймачі	150	110	5000	950
8		ЗіУ-9	Центральний редуктор	310	120	6000	870
9		ROCAR	Рульове керування	270	95	4500	1200
10		ПМЗ-Т2	Передній міст	275	110	3000	1100
11		Т-3М	Карданний вал	250	90	6000	1100
12		ROCAR	Гальмівний барабан	375	110	5000	1200
13		Т-3	ТЕД	280	130	5500	950
14		9Тр	Кузов	210	75	6000	980
15		ЗіУ-9	Тяговий редуктор	190	100	5000	1100
16		ROCAR	Задній міст	245	120	3000	1200
17		ПМЗ-Т1	Генератор	325	140	5000	1300
18		ЗіУ-9	Ізоляція	270	95	4500	1200
19		ЗіУ-10	Контакторна панель	265	120	3000	1050
20		ROCAR	Поворотно-зчпний пристрій	305	145	4500	1300
21		ЗіУ-9	Світлова сигналізація	325	140	6000	1100
22		ЗіУ-9	Колеса	250	105	5500	950
23		ROCAR	ТІСУ	220	120	4000	870
24		ЗіУ-9	Двигун компресора	245	205	7000	1200
25		ЗіУ-10	АКБ	150	110	6000	1100

Таблиця А.4 – Вихідні дані до виконання курсової роботи

№ з/п	ПІБ	Тип РС	Система, агрегат	m_i	N_i , од	L_M , км	E_M , грн
1		ЗіУ-9	Гальмівний кран	245	150	4000	1300
2		ЗіУ-10	ТЕД	150	200	6000	1400
3		ПМЗ-Т2	Компресор	310	220	5000	1750
4		ROCAR	Струмоприймачі	270	250	4500	1800
5		Т-3	Колісна пара	275	95	4200	1250
6		ЗіУ-10	Гальмівний циліндри	250	120	6000	1100
7		14Тр	Струмоприймачі	375	145	5500	950
8		ЗіУ-9	Центральний редуктор	280	110	4000	870
9		ROCAR	Рульове керування	210	120	7000	1200
10		ПМЗ-Т2	Передній міст	190	75	6000	1100
11		Т-3М	Карданний вал	235	100	5000	1100
12		ROCAR	Гальмівний барабан	295	120	3000	1200
13		Т-3	ТЕД	420	140	5000	950
14		9Тр	Кузов	265	105	3500	980
15		ЗіУ-9	Тяговий редуктор	305	120	5500	1100
16		ROCAR	Задній міст	260	205	4000	1200
17		ПМЗ-Т1	Генератор	275	110	5000	1300
18		ЗіУ-9	Ізоляція	210	120	6000	1200
19		ЗіУ-10	Контакторна панель	235	100	3000	870
20		ROCAR	Поворотно-зчпний пристрій	295	95	4500	1200
21		ЗіУ-9	Світлова сигналізація	295	110	3000	1300
22		ЗіУ-9	Колеса	420	90	6000	1400
23		ROCAR	ТІСУ	265	110	5000	1750
24		ЗіУ-9	Двигун компресора	305	130	5500	1800
25		ЗіУ-10	АКБ	260	105	4000	1250

Таблиця А.5 – Вихідні дані до виконання курсової роботи

№ з/п	ПІБ	Тип РС	Система, агрегат	m_i	N_i , од	$L_{M,}$ км	$E_{M,}$ грн
1		ЗіУ-9	Гальмівний кран	345	110	5000	1400
2		ЗіУ-10	ТЕД	320	130	5500	1200
3		ПМЗ-Т2	Компресор	235	105	4000	1100
4		ROCAR	Струмоприймачі	295	100	5000	1100
5		Т-3	Колісна пара	420	120	3000	1200
6		ЗіУ-10	Гальмівний циліндри	265	140	5000	950
7		14Тр	Струмоприймачі	305	105	3500	980
8		ЗіУ-9	Центральний редуктор	260	120	5500	1100
9		ROCAR	Рульове керування	275	120	7000	1200
10		ПМЗ-Т2	Передній міст	210	75	6000	1100
11		Т-3М	Карданний вал	190	150	4000	1300
12		ROCAR	Гальмівний барабан	245	200	6000	1400
13		Т-3	ТЕД	325	220	5000	1750
14		9Тр	Кузов	250	250	4500	1800
15		ЗіУ-9	Тяговий редуктор	220	95	4200	1250
16		ROCAR	Задній міст	245	120	6000	1100
17		ПМЗ – Т1	Генератор	150	145	5500	950
18		ЗіУ-9	Ізоляція	310	110	4000	870
19		ЗіУ-10	Контакторна панель	260	250	4500	1800
20		ROCAR	Поворотно-зчіпний пристрій	270	120	7000	1200
21		ЗіУ-9	Світлова сигналізація	275	75	6000	1100
22		ЗіУ-9	Колеса	250	100	5000	1100
23		ROCAR	ТІСУ	375	120	3000	1200
24		ЗіУ-9	Двигун компресора	280	140	5000	950
25		ЗіУ-10	Колеса	358	160	6500	865

Таблиця А.6 – Вихідні дані для виконання технологічної частини

Номер вар.	M , кгс·см ⁻¹	ρ , см	$2C_{\Pi}$, кг·см ⁻¹	$2C_3$, кг·см ⁻¹	a , см	b , см	α_1 , кг·с·см ⁻¹	α_4 , кгс·см ⁻¹
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
1	7	40	180	150	100	20	7	$M \cdot \rho^2$
2	5	60	48	170	131	139	5	-//-
3	1,6	122,5	50	100	350	100	1,6	-//-
4	1,6	130	190	250	250	150	1,6	-//-
5	1,6	122,5	100	50	300	150	1,6	-//-
6	1,6	170	250	300	300	150	1,6	-//-
7	1,6	150	48,4	37	131	250	1,6	-//-
8	1,6	122,5	60	100	300	100	1,6	-//-
9	1,6	122,5	150	200	300	120	1,6	-//-
10	1,6	145	150	180	300	185	1,6	-//-
11	1,6	122,5	200	100	300	150	1,6	-//-
12	1,6	122,5	80	100	300	150	1,6	-//-
13	1,6	155	48,4	100	300	100	1,6	-//-
14	1,6	122,5	60	37	300	150	1,6	-//-
15	1,6	300	48,4	37	700	500	1,6	-//-
16	1,6	350	190	200	530	415	1,6	-//-
17	1,6	155	100	37	330	250	1,6	-//-
18	1,6	150	48,4	37	105	240	1,6	-//-
19	1,6	100	48,4	37	150	110	1,6	-//-
20	1,6	100	48,4	30	131	139	1,6	-//-
21	4	85	53	37	131	139	4	-//-
22	1,6	80	55	100	131	139	1,6	-//-
23	1,6	100	60	45	131	139	1,6	-//-
24	1	100	48,4	37	131	139	1	-//-
25	2	90	48,4	37	131	139	2	$M \cdot \rho^2$

Відповідно до номера варіанта у вихідних даних (табл. А.1–А.5) нижче наведений перелік індивідуальних тем до курсової роботи.

Перелік індивідуальних тем до курсової роботи

1. Розробка методів та засобів діагностування гальмівної системи тролейбуса.
2. Діагностування технічного стану тягового електричного двигуна тролейбуса.
3. Діагностування технічного стану пневматичного обладнання тролейбуса.
4. Діагностування технічного стану струмоприймачів рухомого складу.
5. Діагностування технічного стану колісної пари трамваю.
6. Діагностування технічного стану гальмівної системи тролейбуса.
7. Діагностування технічного стану струмоприймачів тролейбуса.
8. Діагностування технічного стану ведучого моста тролейбуса.
9. Діагностування технічного стану рульового керування тролейбуса.
10. Діагностування технічного стану переднього моста тролейбуса.
11. Діагностування технічного стану карданного валу рухомого складу.
12. Розробка засобів діагностування стендового контролю гальм тролейбуса.
13. Діагностування технічного стану тягового електричного двигуна трамваю.
14. Діагностування технічного стану кузова рухомого складу.
15. Діагностування технічного стану тягового редуктора.
16. Діагностування технічного стану механічного обладнання тролейбуса.
17. Діагностування технічного стану допоміжних електричних двигунів.
18. Діагностування технічного стану ізоляції тролейбуса.
19. Діагностування технічного стану контакторної панелі тролейбуса.
20. Діагностування поворотно-зчіпного пристрою тролейбуса.
21. Діагностування світлової сигналізації тролейбуса (трамваю).
22. Розробка методів та засобів діагностування стендового контролю коліс.
23. Діагностування тиристорно-імпульсної системи управління.
24. Діагностування технічного стану двигуна компресора.
25. Діагностування технічного стану низьковольтної системи.

ДОДАТОК Б

Форма титульного аркуша пояснювальної записки курсової роботи

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

Пояснювальна записка
до курсової роботи
«Діагностування рухомого складу
електричного транспорту»
на тему:

*“Розробка засобів діагностування систем та агрегатів рухомого складу
електричного транспорту”*

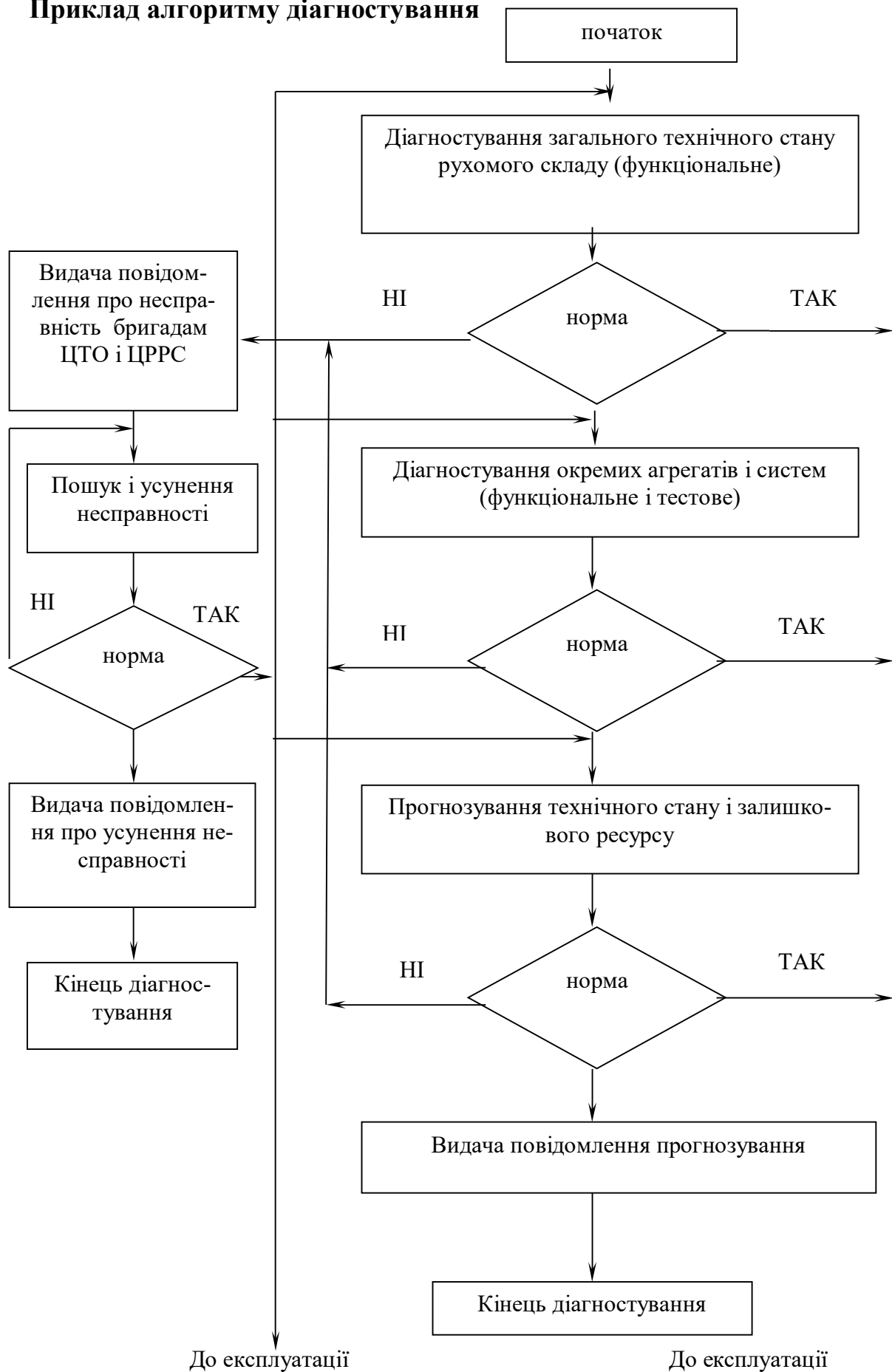
Прийняв:
посада викладача,
прізвище та ініціали

Виконав:
студент (ка) ННІЕІТІ,
1 курсу, гр. МЕТ2020-1
прізвище та ініціали

Харків – 2021

ДОДАТОК В

Приклад алгоритму діагностування



Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до курсової та самостійної робіт

**«ДІАГНОСТУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ
ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**

*(для студентів 1 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

Укладач **КОВАЛЕНКО** Андрій Віталійович

Відповідальний за випуск *Ю. П. Бархаєв*
Редактор *В. І. Шалда*
Комп'ютерне верстання *А. В. Коваленко*

План 2021, поз. 211М

Підп. до друку 22.04.2021. Формат 60 × 84/16.
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,6
Тираж 50 пр. Зам. № .

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