

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

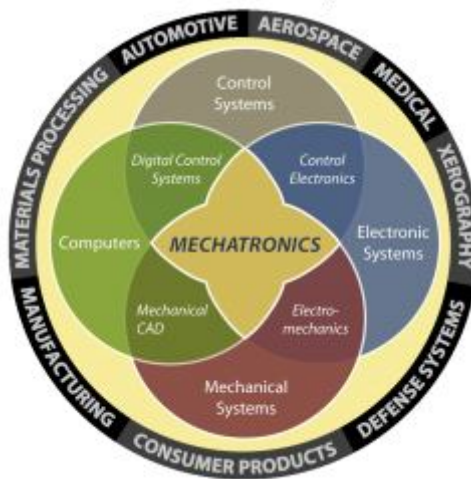
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи,
проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

**«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТИКИ
ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ СИСТЕМ»**

*(для студентів усіх форм навчання освітнього рівня «магістр»
за спеціальністю*

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)



Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2018

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи, проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Сучасні технології діагностики електромехатронних систем» (для студентів усіх форм навчання освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. М. Шавкун. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 53 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. В. М. Шавкун

Рецензент

С. О. Закурдай, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 5 від 28 листопада 2017 р.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 4 |
| 1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ..... | 8 |
| Практичне заняття 1 Основні поняття і визначення діагностики електромехатронних систем..... | 8 |
| Практичне заняття 2 Фізичні основи прогнозування технічного стану електромехатронних систем..... | 14 |
| Практичне заняття 3 Використання теорії імовірності при вирішенні практичних задач діагностування. Проста формула Байеса..... | 16 |
| Практичне заняття 4 Сучасні мобільні станції діагностики. Встановлення діагнозу на основі статистичного методу Байеса..... | 18 |
| Практичне заняття 5 Імовірність безвідмовної роботи. Напрацювання на відмову..... | 25 |
| Практичне заняття 6 Завдання і функції ділянок діагностування. Планування ділянок діагностики..... | 34 |
| Практичне заняття 7 Визначення економічної ефективності від впровадження засобів діагностики..... | 36 |
| 2 САМОСТІЙНА РОБОТА..... | 39 |
| 2.1 Загальні положення щодо виконання самостійної роботи..... | 39 |
| 2.1.1 Організація та мета самостійної роботи студентів..... | 39 |
| 2.2 Перелік тем і питань для самостійного контролю..... | 42 |
| 2.2.1 Змістовний модуль 1. Загальні принципи діагностування механічних систем..... | 42 |
| 2.2.2 Змістовний модуль 2 Організація діагностування основних систем, вузлів та агрегатів рухомого складу електричного транспорту..... | 46 |
| 2.2.3 Змістовний модуль 3 Методи й ефективність діагностування рухомого складу електричного транспорту..... | 48 |
| 2.3 Індивідуальні семестрові завдання для самостійної та контрольної роботи..... | 52 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 53 |

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Сучасні технології діагностики електромехатронних систем» є формування у студентів узагальненої системи знань про методи, засоби та алгоритми діагностики електромехатронних систем.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Сучасні технології діагностики електромехатронних систем» є:

- вивчення основних положень діагностики електромехатронних систем;
- оволодіння основоположними принципами формування діагностичної інформації про стан системи;
- оволодіння основними характеристиками процесів, що використовуються при діагностиці технічних об'єктів;
- освоєння методів діагностики електромехатронних систем;
- оволодіння методикою побудови алгоритму діагностики вузлів та агрегатів;
- набуття навиків використання основних положень діагностики при визначенні технічного стану вузлів та механізмів.

Даний курс включає лекційний матеріал, практичні заняття та самостійну роботу студентів.

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

Практичні заняття – це зв'язуючий ланцюг теорії та практики, їх мета – поглибшати та закріпити теоретичні знання, які отримують студенти на лекціях. Досягнення цієї мети визначається практичним рішенням задач пов'язаних із лекційним матеріалом.

Практичні заняття з навчальної дисципліни «Сучасні технології діагностики електромехатронних систем» призначені для:

- удосконалення і закріплення знань, які одержали студенти на лекційних заняттях;
- оволодіння студентами визначених умінь та навичок вирішення виробничих задач та проведення практичних розрахунків;
- надання студентам допомоги щодо своєчасного та якісного виконання індивідуальних завдань.

На практичних заняттях розглядається рішення задач для засвоєння лекційного матеріалу та приклади використання методів для діагностування електромеханотронних систем та особливості використання теоретичних знань.

Використання на практиці знань з даної дисципліни пов'язане з розумінням методів та оптимального їх застосування при діагностуванні систем рухомого складу та основного обладнання, з використанням підходів та методів діагностування як систем в цілому, так і окремих вузлів.

Під час складання заліку студент повинен показати розуміння та глибину засвоєння теоретичного матеріалу та умінь його практичного використання при виконанні процедур діагностування основних вузлів та систем рухомого складу міського електричного транспорту.

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

Дисципліна «Сучасні технології діагностики електромехатронних систем» 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 «Сучасні технології діагностики електромехатронних систем».

Ефективність самостійної роботи студентів залежить від якості її планування та контролю знань, умінь і навиків студентів.

При плануванні самостійної роботи потрібно урахувати наступні моменти:

- ретельний попередній аналіз навчальних планів та повного об'єму матеріалу дисципліни;
- знаходження фактичного часу, необхідного студенту для самостійної роботи.

Метою контролю є перевірка якості засвоєння студентами 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 студентів.

Поточний контроль дозволяє виконати перевірку засвоєння студентами навчального матеріалу дисципліни. Він може здійснюватись у вигляді

вибіркового або фронтального опитування, індивідуальної бесіди, перевірки конспектів, курсових проектів, завдань до самостійної роботи, тестування і т.п.

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

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

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

З метою розв'язання питань, які з'являються у студентів 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.

Під час індивідуальних консультацій викладач підводить студентів до самостійної відповіді на незрозумілі питання.

При цьому повинно враховуватись, що студент краще запам'ятає і зрозуміє матеріал, якщо сам знайде відповідь на своє питання.

Ефективність процесу навчання студентів у багатопрофільному вищому навчальному закладі, яким є Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, ґрунтується на стимулюванні та підвищенні їхньої індивідуальної творчої активності під час самостійної роботи над навчальним матеріалом, особливо зі спеціальних дисциплін, якою є дисципліна «Сучасні технології діагностики електромехатронних систем». Таке твердження пояснюється низкою обставин, зокрема, великим обсягом і складністю матеріалу, що розглядається, особливостями організації навчальної роботи та неоднаковою базовою підготовкою студентів.

Ці обставини обумовлюють актуальність пошуку шляхів вирішення завдання активізації діяльності студентів, яка спрямована на самостійне поповнення та відновлення своїх наукових і спеціальних технічних знань, уміння орієнтуватися в потоці інформації, що надходить. Таким чином, індивідуальний пошук і освоєння знань повинні стати однією з найхарактерніших рис, які визначають стиль роботи кожного студента над навчальним матеріалом, а весь процес навчання необхідно базувати на

ефективній організації самостійної роботи, що є основним шляхом одержання знань у вищих навчальних закладах.

Під самостійною роботою розуміють цілеспрямовану активну працю студентів над навчальним матеріалом як над завданням викладача, під його керівництвом на планових аудиторних заняттях, так і самостійно, за власним бажанням, у процесі самопідготовки. Зазначена діяльність спрямована на закріплення, розширення та поглиблення одержуваних знань, умінь, навичок і засвоєння нового матеріалу без сторонньої допомоги.

Процес навчання у вищому навчальному закладі базується, в основному, на ефективно організованій роботі тих, хто навчається. Вона є основою, яка дозволяє досягти високих результатів навчання загалом. Такий спосіб навчання виховує самостійність мислення й ухвалення рішення дії з урахуванням ситуації не тільки як сукупність окремих умінь і навичок, але і як стиль роботи, спосіб життєвого укладу студентів, спроможність сприймати події, що відбуваються, і формування своєї життєвої позиції.

Актуальною проблемою в теперішній час є контроль успішності самостійної роботи студентів як однієї зі складових навчального процесу. Він сприяє виявленню ефективності навчання студента, розкриттю причин слабого засвоєння ним окремих частин навчального матеріалу, вжиттю дієвих заходів щодо усунення недоліків навчального процесу. Крім того, він передбачає перевірку знань, умінь і навичок, оцінку й облік.

Виділяють такі функції контролю: навчальна, контрольна, виховна і розвиваюча.

У процесі виконання завдань студенти самостійно роблять висновки і узагальнення, застосовують знання з урахуванням ситуації, вчаться відрізняти головне, відтворювати інформацію тощо.

Сучасна система оцінювання знань разом із засобами викладання конкретних дисциплін потребує значних змін. З метою подолання накопичених останнім часом недоліків запропоновано модульну систему організації навчального процесу і модульно-рейтинговий контроль знань студентів.

Ці методичні вказівки призначені для студентів денної форми навчання, рівень підготовки другий (магістерський), галузь знань 14 – Електрична інженерія, спеціальність 141 – Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка, фахове спрямування Електромеханічні системи автоматизації та електропривод, а також для організації проведення самостійної роботи, що сприяє підвищенню якості вивчення певної навчальної дисципліни.

1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практичне заняття 1 Основні поняття і визначення діагностики електромехатронних систем

Безперервне ускладнення технічних об'єктів і зростання ступеня автоматизації процесу управління висувають на передній план проблему оптимальної організації експлуатації складних технічних об'єктів. Важливу роль при цьому відводять визначенню стану об'єктів, який унаслідок дії зовнішніх і внутрішніх чинників змінюється з часом. Знання стану технічних об'єктів у будь-який момент часу дозволяє операторові використовувати їх оптимальним чином, тобто з найбільшою ефективністю. Знання характеру і моменту змін, що відбуваються в об'єкті, дозволяє операторові в найкоротший час здійснити ремонт і тим самим підвищити надійність об'єкту. Знання стану об'єкту, а також характеру змін робить моральний вплив на оператора, підвищуючи упевненість в правильності схвалюваних рішень.

Рішенням усіх питань, пов'язаних з визначенням стану технічних об'єктів і характеру його зміни з часом, займається технічна діагностика.

Технічна діагностика – наука про методи і засоби розпізнавання технічного стану і виявлення несправностей (дефектів) виробів.

Технічне діагностування – це процес розпізнавання стану об'єкту, кінцевим результатом якого служить висновок про технічний стан об'єкту, тобто технічний діагноз: тяговий електричний двигун справний, в обмотці є виткове замикання, ізоляція зволожена і т.п.

Діагностичні або контрольовані параметри (ознаки) – це характеристики об'єкту, використовувані для визначення його технічного стану. Визначальні діагностичні параметри – такі, які дають якнайповніші відомості про працездатність об'єкту, оцінюючи його стан в цілому (наприклад, температура нагріву двигуна характеризує його загальний стан). Допоміжні параметри оцінюють лише окремі властивості об'єкту або місце несправності (наприклад, опір ізоляції характеризує лише стан електричної частини електрообладнання).

Спосіб (алгоритм) діагностування – це сукупність і послідовність дій (експериментів), що дозволяють визначити технічний стан об'єкту діагностування. При експерименті на об'єкт подають деяку дію і вимірюють діагностичні параметри або контролюють діагностичні ознаки. За наслідками спостережень визначають стан об'єкту. Наприклад, випробовуючи ізоляцію підвищеною напругою і спостерігаючи за струмом витoku, роблять висновок про її справність.

Системи діагностування (СД) – це сукупність об'єкту, способів і засобів діагностування. За призначенням і видом вирішуваного діагностичного

завдання їх умовно розділяють на профілактичні, диференціальні, функціональні і прогнозуючі.

Профілактичні СД призначені для виявлення у процесі експлуатації дефектних деталей і елементів, що виробили свій ресурс, тобто тих елементів об'єкту, параметри яких близькі до гранично допустимих значень (для виявлення слабких місць об'єкту без виведення його в ремонт). З цією метою систематично проводять планові профілактичні випробування.

Диференціальні СД служать для виявлення окремих несправностей при плановому технічному обслуговуванні і ремонті електрообладнання. За отриманими результатами уточнюють вид необхідного ремонту (поточний або капітальний) і склад його операцій. Для диференціального діагностування застосовують прилади загального і спеціального призначення. Прості омметри (мегомметри) дозволяють виявляти несправності типу обрив, замикання в дротах, контактах, ізолюючих і інших елементах електрообладнання. Спеціальні прилади контролю вологості (ПКВ) дозволяють визначити ступінь зволоження ізоляції, а прилади типу високочастотного вимірника (ВЧВ) – виткові замикання в обмотках електричних машин. Крім того, диференціальне діагностування проводять за допомогою таблиць характерних несправностей, які є у довідковій літературі або в технічному описі конкретного обладнання.

Функціональні СД призначені для оцінки якості функціонування і працездатності шляхом визначення комплексу експлуатаційних властивостей (характеристик) обладнання при контрольних, типових або спеціальних випробуваннях і порівняння їх з номінальними або нормованими значеннями. Наприклад, при контрольних випробуваннях електричного двигуна визначають опір обмоток постійного струму, опір ізоляції, струм і втрати холостого ходу, напругу і втрати короткого замикання. Якщо зміряні параметри знаходяться в межах встановлених допусків, то двигун визнається працездатним.

Прогнозуючі СД дозволяють передбачити стан виробу у майбутньому і визначити імовірний момент появи відмови. Для цього оцінюють залишковий ресурс елементів на підставі інформації про закономірності зміни параметрів в період, передуючий прогнозу. Наприклад, для підшипника відомі фактичне і граничне значення зазору. Розділивши різницю цих значень на швидкість зношування підшипника, отримуємо його залишковий ресурс, по якому легко визначити очікувану дату відмови підшипника. Проте надійне прогнозування освоєне лише для простих випадків. При експлуатації обладнання створення прогнозуючих СД пов'язано ряд методичних труднощів, обумовлених складністю процесів старіння і зносу.

Певною мірою прогнозування реалізують при профілактичному випробуванні, оскільки статистичні дані підтверджують високу імовірність

безвідмовної роботи до чергового випробування того обладнання, яке успішно витримало поточне профілактичне випробування.

Один з головних напрямів подальшого вдосконалення технічної експлуатації електричного транспорту – більш ширше впровадження у практику СД. Уже зараз в цілому профілактична система передбачає для окремих видів обладнання у складі робіт з технічного обслуговування контроль з метою прогнозування його стану до наступного технічного обслуговування. У подальшому СД дозволить перейти до прогресивнішої післяоглядової експлуатації [1,6].

Технічна діагностика представляє теорію, методи та засоби виявлення і пошуку дефектів об'єктів технічної природи. Основне призначення технічної діагностики полягає у підвищенні надійності об'єктів на етапі їх виробництва, експлуатації і зберігання. Діагностичне забезпечення дозволяє підвищити достовірність правильного функціонування об'єктів, збільшити термін їх служби і напрацювання на відмову. Вимоги, які повинні задовольняти виготовлений (новий), або в експлуатації об'єкт, визначають відповідною нормативно-технічною документацією. Об'єкт, що задовольняє усім вимогам нормативно-технічної документації, є справним або говорять, що він знаходиться у *справному технічному стані*.

Для умов експлуатації важливим є поняття *працездатного технічного стану об'єкта*. Об'єкт *працездатний*, якщо він може виконувати *усі задані функції* із збереженням значень заданих параметрів (ознак) у необхідних межах.

Правильно функціонуючим є об'єкт, значення параметрів (ознак) якого в момент застосування об'єкта за призначенням знаходяться у необхідних межах.

Несправний і непрацездатний технічний стан, а також *технічний стан неправильного функціонування* об'єкта можуть бути деталізовані шляхом зазначення відповідних дефектів, що порушують справність, працездатність або правильність функціонування і що відносяться до однієї або декількох складових частин об'єкта, або до об'єкту в цілому.

Виявлення та пошук дефектів є процесами визначення технічного стану об'єкта і їх об'єднують загальним терміном «діагностування»; *діагноз є результат діагностування*.

Діагностування технічного стану будь-якого об'єкта здійснюється тими або іншими *засобами діагностування*. Засоби можуть бути апаратними або програмними; в якості засобу діагностування може також виступати людина-оператор, контролер, наладчик. Засоби й об'єкт діагностування, що взаємодіють між собою, утворюють *систему діагностування*. Розрізняють

системи *тестового* і *функціонального діагностування*. У системах тестового діагностування на об'єкт подаються спеціально організовані *тестові впливи*.

У системах функціонального діагностування, які працюють у процесі застосування об'єкта за призначенням, подача тестових впливів, як правило, виключається; на об'єкт надходять тільки *робочі впливи*, передбачені його алгоритмом функціонування.

Система діагностування у процесі визначення технічного стану об'єкта реалізує деякий *алгоритм (тестового або функціонального) діагностування*. Алгоритм діагностування в загальному випадку складається з певної сукупності так званих *елементарних перевірок* об'єкта, а також правил, що встановлюють послідовність реалізації елементарних перевірок, і правил аналізу результатів останніх. Кожна елементарна перевірка визначається своїм тестовим або робочим впливом, що подаються або надходять на об'єкт, і *складом контрольних точок*, з яких знімаються відповіді (реакція) об'єкта на цей вплив.

При розробці систем діагностування повинні вирішуватися завдання вивчення об'єкта, його можливих дефектів і ознак проявлення, вибору або побудови моделі поведінки справного об'єкта та його несправних модифікацій. Уточнимо поняття «управління», «контроль» і «діагностування». Під *управлінням* розуміють процес вироблення і здійснення цілеспрямованих (керуючих) впливів на об'єкт.

Контроль є процес збору і обробки інформації з метою визначення подій. Якщо подією, є факт досягнення деяким параметром об'єкта певного заданого значення (уставки), то говорять про контроль параметрів. Якщо фіксуємо подією є встановлення факту перебування об'єкта в справному або несправному, працездатному або непрацездатному стані, або у стані правильного чи неправильного функціонування, то можна говорити про контроль технічного стану об'єкта.

Системи тестового діагностування являються системами управління, оскільки в них реалізується вироблення і здійснення спеціально організованих тестових (тобто керуючих) впливів на об'єкт з метою визначення технічного стану останнього. Системи функціонального діагностування є типовими системами контролю (в широкому сенсі цього слова), що не вимагають подачі на об'єкт цілеспрямованих впливів.

З викладеної точки зору, наприклад, системи, що отримали назву систем неруйнівного контролю, є класом систем тестового діагностування, а віброакустичні системи контролю технічного стану – класом систем функціонального діагностування.

Формалізованою моделлю об'єкта (або процесу) є його опис у аналітичній, графічній, табличній або іншій формі. Для простих об'єктів

діагностування зручно користуватися так званими *явними моделями*, що містять поряд з описом справного об'єкта опис кожної з його несправних модифікацій.

Неявна модель об'єкта діагностування припускає наявність тільки одного опису, наприклад справного об'єкта, формалізованих моделей дефектів і правил отримання по заданому опису і за моделями дефектів описів всіх несправних модифікацій об'єкта.

Моделі об'єктів бувають *функціональні* та *структурні*. Перші відображають тільки виконувані об'єктом (справним або несправним) функції, визначені відносно робочих входів і виходів об'єкта, а другі, крім того, містять інформацію про внутрішню організацію об'єкта, про його структуру. Функціональні моделі дозволяють вирішувати задачі перевірки працездатності і правильності функціонування об'єкта. Для перевірки справності (у загальному випадку) і пошуку дефектів з глибиною більшою, ніж об'єкт у цілому, потрібні структурні моделі.

Моделі об'єктів діагностування можуть бути *детермінованими* та *імовірністними*. До імовірнісного представлення прибігають при неможливості детермінованого опису поведінки об'єкта.

Моделі об'єктів діагностування потрібні для побудови алгоритмів діагностування формалізованими методами.

Побудова алгоритмів діагностування полягає у виборі такої сукупності елементарних перевірок, за результатами яких у задачах з виявлення дефектів можна відрізнити справний або працездатний стан, або стан правильного функціонування об'єкту від його несправних станів, а також у задачах пошуку дефектів розрізнити несправні стани.

При побудові алгоритмів діагностування за явними моделями об'єктів елементарні перевірки вибирають шляхом попарного порівняння тих описів, технічні стани яких потрібно розрізнити. У задачах тестового діагностування склади контрольних точок об'єкта часто визначені попередньо, і вони однакові для всіх елементарних перевірок. У таких випадках вибирають тільки вхідні впливи елементарних перевірок – це задачі *побудови тестів*. У задачах функціонального діагностування, навпаки, вхідні впливи елементарних перевірок визначені заздалегідь робочим алгоритмом функціонування об'єкта та вибору підлягають тільки склади контрольних точок.

Для вирішення однієї і тієї ж задачі діагностування (наприклад, перевірки справності) можна побудувати декілька алгоритмів, які відрізняються або складом елементарних перевірок, або послідовністю їх реалізації.

Необхідність збільшення виробітку на операціях діагностування, скорочення часу виявлення, пошуку та усунення несправностей, зменшення обсягів і складності засобів діагностування викликає інтерес до розробки

методів побудови *оптимальних алгоритмів*, які потребують мінімальних витрат на їх реалізацію.

Засоби діагностування можуть бути *апаратними* або *програмними*, *зовнішніми* або *вбудованими*, *ручними*, *автоматизованими* або *автоматичними*, *спеціалізованими* або *універсальними*.

Засоби функціонального діагностування є, як правило, вбудованими і тому розробляються і створюються одночасно з об'єктом.

Рівень контролепридатності об'єктів визначає ступінь ефективності розв'язання задач тестового діагностування їх технічного стану, впливає на виробку процесу їх виробництва та якість виробів, що випускаються, а при експлуатації рівень контролепридатності об'єктів визначає їх коефіцієнти готовності і затрати, пов'язані з ремонтом.

Контролепридатність забезпечується перетворенням структури перевіряемого об'єкта до вигляду, що зручний для діагностування. Для цього в об'єкт ще на етапі його проектування вводять додатково вбудовані засоби тестового діагностування.

Задачі діагностування – це задачі визначення технічного стану, в якому знаходиться об'єкт в даний момент часу. Задачі діагностування – прогнозування технічного стану, в якому об'єкт опиниться в деякий майбутній момент часу. Задачі першого типу формально слід віднести до технічної діагностики, а другого типу – до технічної прогностики.

Є ще третій тип задач – визначення технічного стану об'єкта в деякий момент в минулому (*задачі технічної генетики*). Задачі технічної генетики виникають, наприклад, у зв'язку з розслідуванням аварій та їх причин, коли технічний стан об'єкта у розглядаємий час відрізняється від стану, в якому він був у минулому, у результаті появи першопричини, що викликали аварію. Ці задачі вирішуються шляхом визначення імовірних передісторії, які ведуть у даний стан об'єкта. До задач технічної прогностики відносяться, наприклад, задачі, пов'язані з визначенням терміну служби об'єкта або з призначенням періодичності його профілактичних перевірок і ремонту. Ці задачі вирішують шляхом визначення можливих або імовірних еволюції стану об'єкта, що починаються в даний момент часу. Рішення задач прогнозування вельми важливо, зокрема, для організації *технічного обслуговування об'єктів станом* (замість обслуговування по ресурсу). Безпосереднє перенесення методів рішення задач діагностування на задачі прогнозування неможливе через відмінності моделей, з якими доводиться працювати: при діагностуванні моделлю зазвичай є опис об'єкта, у той час як при прогнозуванні необхідна модель процесу еволюції технічних характеристик об'єкта у часі.

Головними показниками якості систем діагностування є гарантовані ними повнота виявлення і глибина пошуку дефектів [1–3].

Практичне заняття 2 Фізичні основи прогнозування технічного стану електромехатронних систем

Фізико-хімічні процеси зміни властивостей і розмірів деталей і вузлів підпорядковуються певним законам і їх технічний стан можна прогнозувати з певним ступенем точності. Прогнозування технічного стану обладнання, тобто процес передрікання зміни параметрів в майбутньому, є досить важким технічним завданням.

За умовами технології виробництва деталі і вузли рухомого складу, як і інших технічних пристроїв, виготовляють з певними допусками в розмірах, хімічній і структурній властивостях матеріалів. Це також впливає на інтенсивність зносу або старіння деталей і вузлів. Крім цього, на інтенсивність зносу деталей і вузлів обладнання суттєво впливає організація і періодичність технічного обслуговування і поточного ремонту. Якщо технічне обслуговування і ремонти здійснюють нерегулярно або їх зовсім не проводять, то швидкість зносу вузлів і деталей значно збільшується і зноси швидко досягають своїх граничних значень. У результаті всі перераховані вище фактори впливають на імовірність прогнозування роботи обладнання.

Існуючі методи прогнозування не дають можливості передбачати раптові відмови, які характеризуються скачкоподібною зміною параметрів стану деталі або вузла обладнання до граничного значення. Прогнозувати з певним ступенем точності можна поступові відмови, які характеризуються поступовою зміною параметрів технічного стану і зумовлені зносом або старінням матеріалу деталей або вузлів обладнання. Процеси зносу і старіння деталей і вузлів в основному містять детерміновану (визначальну) і випадкову складові, кожна з яких може мати переважаючий вплив для кожного конкретного випадку, що відбивається на характері процесів зносу або старіння.

Основним завданням прогнозування є визначення залишкового ресурсу елементів систем і агрегатів рухомого складу. Завданнями прогнозування під час експлуатації обладнання є скорочення трудоємкості і вартості робіт при поточних ремонтах, бо їх проводять тільки за необхідності, тобто при повному вичерпанні ресурсів деталей і вузлів; визначення строків регульовальних і ремонтних робіт, а при повному виробітку ресурсу – строків заміни обладнання; визначення потрібної кількості запасних частин; скорочення строків перебування обладнання в ремонті, бо будуть відомі елементи і вузли, які підлягають ремонту або заміні; встановлення строків (періодичності)

проведення діагностування; перевірка якості виконання регульовальних і ремонтних робіт.

Під ресурсом розуміють напрацювання об'єкта від початку експлуатації або її поновлення після ремонту до настання граничного стану, коли подальша експлуатація повинна бути припинена, враховуючи вимоги техніки безпеки або економічні міркування. У техніці найчастіше при визначенні ресурсу користуються такими термінами, як *доремонтний, міжремонтний, залишковий і використаний ресурс*. Доремонтний ресурс характеризується напрацюванням нового обладнання від початку експлуатації до першого ремонту, а міжремонтний – напрацюванням між ремонтами. При прогнозуванні звичайно визначається залишковий ресурс, тобто напрацювання обладнання від моменту діагностування (контролю) до граничного стану, обумовленого технічною документацією. Використаний ресурс характеризується напрацюванням обладнання після виготовлення або ремонту до моменту діагностування (контролю).

Для орієнтовного порівняння технічного стану елементів діагностованої машини або апарата, які характеризуються різними діагностичними параметрами, можна користуватися поняттям коефіцієнта технічного ресурсу, за допомогою якого оцінюють залишковий ресурс деталі, спряження або вузла. Для параметрів, абсолютні значення яких збільшуються під час експлуатації обладнання, коефіцієнт технічного ресурсу визначають за формулою [4 – 6] :

$$K_p = (P_z - P_6) / (P_z - P_n), \quad (1.1)$$

де P_z – граничне значення параметра; P_n - номінальне значення параметра;

P_6 – вимірне значення параметра. Якщо під час експлуатації значення параметра зменшується, то коефіцієнт залишкового ресурсу визначається виразом:

$$K_p = (P_6 - P_z) / (P_n - P_z). \quad (1.2)$$

Для нового елемента вузла або машини $K_p = 1$, а при повному вичерпанні ресурсу $K_p = 0$.

Відмова або загроза відмови звичайно настає з вини однієї-двох деталей або вузла, що пов'язано з нерівномірністю і з різною зносостійкістю деталей або вузлів обладнання. Конструкцією обладнання звичайно передбачається нескладна заміна частини деталей, які швидко зношуються (щіток електричних машин). Після заміни або ремонту деталей, які вичерпали ресурс роботи, машина знову стає працездатною і отримує певний запас часу роботи до наступної загрози втрати працездатності.

Основні способи вирішення завдань прогнозування. Розрізняють такі основні шляхи отримання результатів прогнозу, що об'єднують групи методів прогнозування: коли результат прогнозу визначається в одній розмірності з

контрольованими параметрами, тобто метою прогнозування зміни технічного стану об'єкта є отримання значення контрольованого параметра, що характеризує протікання процесу в часі; результат прогнозу визначається імовірністю виходу або не виходу характеристик контрольованих параметрів за певні межі; внаслідок прогнозу контрольований об'єкт зараховують до того або іншого класу технічного стану, який встановлюють наперед за критерієм працездатності або довговічності. Відповідно є три методи прогнозування: аналітичний, імовірнісний і статистичної класифікації.

Метод аналітичного прогнозування застосовують для завдань, коли зміна контрольованого параметра інерційна в часі і всі зміни поступово накопичуються. Тоді завданням прогнозування є визначення за відомими значеннями функції контрольованого параметра $\Pi(t)$ в минулому і теперішньому величини функції в майбутньому, а також визначення моменту часу, коли параметр досягне свого допустимого значення Π_d .

Метод імовірнісного прогнозування застосовують для завдань, коли необхідно визначити імовірність виходу або не виходу контрольованого діагностичного параметра Π за встановлені межі [6] .

При вирішенні завдань прогнозування методами статистичної класифікації (розпізнавання образів) відомі значення параметра в певні моменти часу зараховують до одного з класів, тобто до свого роду еталону (образу), а потім, враховуючи закономірності зміни параметрів даного класу, вирішують, як буде змінюватися даний параметр в майбутньому. При цьому розподіл значень параметрів на класи може бути часовим (за часом або напрацюванням) або параметричним (за величинами контрольованих параметрів).

Практичне заняття 3 Використання теорії імовірності при вирішенні практичних задач діагностування. Проста формула Байєса

Теорія імовірностей вивчає закономірності випадкових явищ, що часто повторюються.

Подія – явище, котре можливо визначити як таке, що відбулося або не відбулося. Події можуть бути вірогідні або неможливі.

Імовірністю якоїсь події A називають таке число $P(A)$, котре характеризує можливість виникнення події. Імовірність вірогідної події вважається такою, що дорівнює 1 , тобто $P(a) = 1$, а неможливої – такою, що дорівнює 0 , тобто $p(\overline{A}) = 0$.

Імовірність випадкової події знаходиться у межах $0 \leq P(A) \leq 1$.

В інженерній практиці

$$P(A) = \frac{m}{n},$$

де m – число спроб, при яких подія A відбулася;

n – загальна кількість виконаних спроб.

За великої кількості спроб статистична ймовірність події наближається до істинної ймовірності події.

Формула Байєса. Розглянемо декілька несумісних (дві разом не відбуваються) подій B_1, B_2, \dots, B_n , що характеризують несправність відповідних вузлів і які створюють повну групу (для неї хоча б одна подія відбулася). Нехай з'являється подія A , що характеризує несправність вузлів B_1, B_2, \dots, B_n .

Із попереднього досвіду експлуатації відома ймовірність відмови вузлів $P(B_1), P(B_2), \dots, P(B_n)$, а також ймовірність появи ознаки A при несправності окремих вузлів $P(A/B_i)$. Треба визначити, яка ймовірність несправного вузла B_i відносно інших, якщо під час експлуатації з'являється подія A , т.ч. $P(B_i/A)=?$

Для розв'язання задачі розглянемо ймовірність одночасної появи ознаки A і несправності (стану) B_i .

Розв'язання. Ймовірність одночасної появи ознаки A та події B_i знаходимо за формулою:

$$\begin{aligned} P(A \wedge B) &= P(A) P(B/A) = P(B) P(A/B), \\ P(A \wedge B_i) &= P(A) P(B_i/A) = P(B_i) P(A/B_i). \end{aligned} \quad (1.3)$$

З (1.3) знаходимо:

$$P(B_i/A) = \frac{P(B_i)P(A/B_i)}{P(A)}. \quad (1.4)$$

Встановимо, що ймовірність події A – $P(A)$. Оскільки ознака A з'являється тільки якщо є несправність якогось вузла, то ця подія складається з логічної суми окремих подій:

$$A = (A \wedge B_1) \vee (A \wedge B_2) \vee (A \wedge B_3) \vee \dots \vee (A \wedge B_n). \quad (1.5)$$

У зв'язку з припущенням, що може з'явитися тільки одна з можливих подій, отримаємо:

$$P(A) = P(A \wedge B_1) + P(A \wedge B_2) + P(A \wedge B_3) + \dots + P(A \wedge B_n). \quad (1.6)$$

Враховуючи із (1.3), що

$$P(A \wedge B_i) = P(B_i) P(A/B_i), \text{ маємо}$$

$$P(A) = \sum_{j=1}^n P(B_j) P(A/B_j) - \text{формула повної ймовірності події } A. \quad (1.7)$$

Ця формула виражає такий принцип: якщо система має декілька можливих несумісних шляхів переходу до іншого стану, то ймовірність переходу дорівнює сумі ймовірностей реалізації кожного з них (несумісні шляхи – такі, що не можуть реалізуватись одночасно).

Із (1.4) та (1.7) отримаємо формулу Байєса:

$$P(B_i / A) = \frac{P(B_i)P(A / B_i)}{\sum_{j=1}^n P(B_j)P(A / B_j)} \quad \text{– формула Байєса.} \quad (1.8)$$

Вона дозволяє визначити ймовірність поломки вузла B_i при появі ознаки A через відому ймовірність поломки вузла B_i із попередніх досліджень $P(B_i)$ та через ймовірність появи ознаки A при поломці вузла B_i теж із попередніх досліджень. У знаменнику (1.8) маємо суму добутку тих же величин, але для всіх вузлів [3].

Практичне заняття 4 Сучасні мобільні станції діагностики.

Встановлення діагнозу на основі статистичного методу Байєса

Станція призначена для перевірки технічного стану транспортних засобів з використанням засобів технічного діагностування на відповідність вимогам чинних стандартів та нормативних документів щодо умов безпеки дорожнього руху.

Технічні характеристики мобільної станції діагностування

Параметри чотирьох провідної трифазної мережі електроживлення з допустимими відхиленнями [7,8]:

– напруга електроживлення (мережа змінного струму 50Гц), В $380 \pm 5 \%$ частота, Гц 50 ± 1 ;

– споживана потужність, не більше, кВт – 16;

– маса станції, не більше, кг – 8000;

– габаритні розміри, мм:

– в згорнутому положенні – $6\,300 \times 2\,620 \times 2\,700$;

– в робочому положенні $14\,640 \times 2\,620 \times 4\,400$;

Пропускна здатність, транспортних засобів за годину 2 – 3;

Час підготовки станції до роботи, не більше – 30 хвилин.

Загальні характеристики гідросистеми. Параметри чотирьох провідної трифазної мережі електроживлення з допустимими відхиленнями:

– напруга електроживлення $380 \pm 5 \%$;

– частота, Гц – 50 ± 1 ;

– споживана потужність, кВт – 2,2;

– номінальний тиск, МПа – $14 \pm 0,5$;

- тиск спрацьовування запобіжно-скидного клапана – $16 \pm 0,2$;
- робоча рідина: всесезонне гідравлічне мастило, заливається – 20 л;
- обсяг маслобака, 14 л;
- розміри фільтруючого елемента, мм:
- зовнішній діаметр – 100;
- внутрішній діаметр – 39;
- висота – 200;
- зусилля на штоку гідроциліндра при номінальному тиску, кгс
- при висуванні – $7\,000 \pm 250$;
- при засуванні – $3\,700 \pm 250$;
- час висування (засування штока) гідроциліндра, з 35 ± 5 .

Вимірювальні прилади, що входять до складу станції об'єднані в єдину систему, з'єднану з ПЕОМ. Складові станції наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік контрольно-вимірювальних приладів

| Найменування | Кількість, шт. |
|--|-------------------|
| 1 | 2 |
| Контейнер | 1 |
| Гальмівний стенд СТМ 8000 | 1 |
| Газоаналізатор «Автотест-02.02» | 1 |
| Трубка поліхлорвінілова або аналогічна (внутрішній Ø 5мм, довжина 2 м) для збору аналізуючої проби і збору конденсату | 2 |
| богріваюча пробозаборна система | 1 |
| Вимірювач димності «Мета-01МП 0.1 ЛТК» | 1 |
| Вимірювач параметрів світла фар транспортних засобів «ИПФ-01» | 1 |
| Пристрій для визначення світлопропускання скла «ТОНИК» | 1 |
| Вимірювач сумарного люфту рульового керування «ИСЛ-М» | 1 |
| USB-адаптер ЛТК з кабелем зв'язку з ПЕОМ | 1 |
| Подовжувач | 1 |
| Кабелі зв'язку з приладами «Автотест», «Мета-01МП», «ЭФФЕКТ», «ИСЛ-М», «ИПФ-01» | 5 шт. по 6 м |
| ПЕОМ типа IBM PC сумісний | 1 |
| Програмне забезпечення «Диагностический контроль» | 1 |
| Принтер | 1 |
| Прилад для перевірки маркувальних даних вузлів і агрегатів DEX DETECTOR | 1 |
| Манометр МД-214 ГОСТ 9921 | 1 |
| Манометр МД-231 ГОСТ 9921 | 1 |
| Пристрій для вимірювання глибини протектора шин транспортних засобів | 1 |
| Зеркало для огляду номерних агрегатів транспортних засобів | 1 |
| Світлофор | 1 |
| Рулетка (20 м) | 1 |
| Прилад для перевірки достовірності документів «Ультрмаг 122 МЛ» | 1 |

Робота мобільної станції діагностування транспортних засобів

Принцип дії комплексу обладнання і приладів станції дозволяють проводити перевірку технічних характеристик і стану основних вузлів і агрегатів ТЗ за наступними показниками:

- 1) стан гальмівних систем ТС;
- 2) показники зовнішніх світлових приладів;
- 3) сумарний люфт рульового колеса;
- 4) світлопропускання стекол.

Прилади об'єднані в єдину контрольно-вимірну систему на базі персональної ЕОМ. Система забезпечує збір, передачу і зберігання вимірної інформації, а також оформлення діагностичних карт ТЗ.

На рисунку 1.1 подано загальний вигляд мобільної станції діагностики.

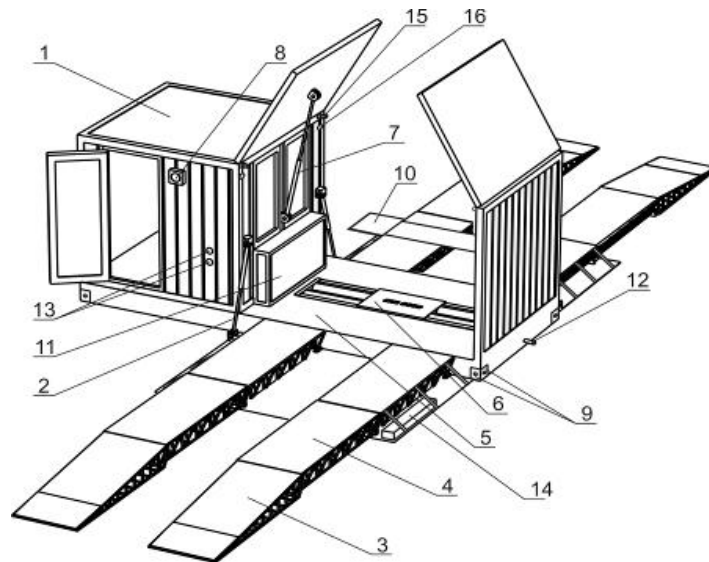


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд мобільної станції діагностики:

- 1 – Офісний блок; 2 – Гідроциліндри для підйому і опускання апарелей; 3 – Наїзд;
4 – Апарелі; 5 – Виробнича зона; 6 – Гальмівний стенд; 7 – Гідроциліндри для підйому;
8 – Вентилятор; 9 – Фітинги; 10 – Майданчик для з'їзду; 11 – Гідростанції;
12 – Штир заземлення; 13 – Люк; 14 – Важіль для перевірки гальмівного стенду;
15 – Фіксатори піднятого положення навісу (4 шт.); 16 – Отвори під фіксатори при опущеному навісі (4 шт.).

Основні установочні розміри станції наведені на рисунку 1.2.

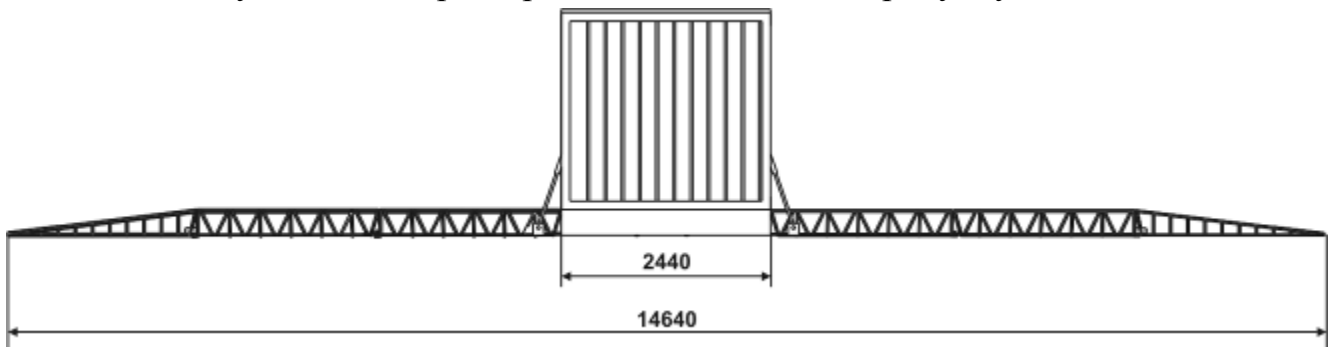


Рисунок 1.2 – Основні установочні розміри станції у розгорнутому виді

Порядок перевірки технічного стану ТЗ

1. Перевірка технічного стану ТЗ проводиться трьома контролерами:

- контролер-оператор ПЕОМ знаходиться в офісному блоці,
- контролер знаходиться у виробничій зоні,
- контролер-водій – розташовується на місці водія перевіряється транспортного засобу.

2. Контролер-оператор ПЕОМ вносить дані про ТЗ перевіряється в базу даних ПЕОМ.

3. Контролер проводить зовнішній огляд ТЗ:

- перевіряє стан дисків і ободів коліс;
- наявність брудозахисних фартухів;
- знак аварійної зупинки, вогнегасників, медичної аптечки, противідкатних упорів;
- проводить перевірку зчіпного пристрою і визначає світлопропускання стекол.

4. Контролер-водій управляє перевіряється транспортом, проводить контроль звукового сигналу, механізму регулювання сидінь, підголовників, замків ременів безпеки, пристрої обігріву і обдуву вітрового скла, склоочисників і стеклоомивачів, оглядності вітрових стекол, протисонячних козирків, дзеркал заднього виду, замків дверей.

Проводяться вимірювання гальмівних сил передньої осі ТЗ. Результати вимірювань відображаються на моніторі оператора ПЕОМ.

5. ТЗ виїжджає передньою віссю зі стенду і, не наїжджаючи наступній віссю на роликову встановлення гальмівного стенду, встановлюється на горизонтальному ділянці, таким чином, щоб роликовий установка розташовувалася між осями ТЗ.

6. У цьому положенні контролер виробляє наступні вимірювання:

- вимірювання параметрів зовнішніх світлових приладів;
- вимірювання сумарного люфту рульового керування.

Результати вимірювання передаються на ПЕОМ оператора і відображаються на моніторі.

7. ТЗ наїжджає на роликову встановлення гальмівного стенду другої і подальшої осями. Проводяться вимірювання параметрів гальмівних сил другій та наступних осей. Результати вимірювань відображаються на моніторі оператора ПЕОМ та формується карта діагностичного контролю даного ТЗ.

8. ТЗ виїжджає за межі станції.

9. Оператор ПЕОМ роздруковує діагностичну карту.

Робота гідросистеми станції

Гідросистема станції дозволяє опускати і піднімати навіс і апарелі, а також стримувати їх в закритому положенні, при аварійній ситуації – в будь-якій іншій. Передбачено два режими роботи гідростанції:

- 1) робочий (управління електромагнітними клапанами здійснюється органами управління силової шафи);
- 2) аварійний (ручний). Управління електромагнітними клапанами здійснюється з допомогою кнопок на гідророзподільниках.

Програма діагностичного контролю

Програмно-апаратний комплекс ЛТК (лінія технічного контролю) створений для перевірки технічного стану транспортних засобів на стаціонарних, мобільних і пересувних станціях діагностичного контролю.

Він включає в себе комплект приладів ЛТК і програму «Діагностичний контроль».

Програма «Діагностичний контроль» являє собою програму Базу Даних, розроблену для роботи в середовищі Windows.

Програмне забезпечення складається з декількох взаємопов'язаних модулів:

1. Модуль отримання даних:
 - служить для отримання в реальному часі характеристик ТЗ, що вимірюються приладами, і приміщення їх в базу даних;
2. Редактор бази даних:
 - служить для зручної навігації в базі даних ТЗ, що пройшли діагностичний контроль, пошук за зареєстрованими характеристиками;
 - дозволяє ввести в базу даних інформацію про ТЗ (власник ТЗ, модель, реєстраційний знак, рік випуску, пробіг, номери двигуна, шасі та кузова і т. п.)
 - дозволяє одночасне тестування декількох ТЗ;
3. Модуль налаштування параметрів системи:
 - дозволяє включати в систему діагностичного контролю нові прилади та устаткування, які використовуються в роботі станції;
 - дозволяє вказати шаблон діагностичної карти для роздрукування результатів;
 - ведення списку користувачів, допущених до роботи в системі;
 - редагування списку дефектів і можливість перегляду і зміни нормативів;
 - дозволяє вказати зовнішній файл бази даних, а також можливість підключення зовнішніх файлів для перевірки ТЗ на викрадення і т. п.;
4. Модуль вводу візуального огляду:
 - дозволяє ввести результати візуального огляду ТЗ;

5. Модуль виведення діагностичної карти:

– роздруковує три листа діагностичної карти – карту транспортного засобу, зміни значень від приладів і докладний список значень огляду, які не є відповідними до нормативних.

Отже, впровадження засобів технічної діагностики в практику експлуатаційних підприємств забезпечить підвищення ефективності виробництва.

Встановлення діагнозу на основі статистичного методу Байєса

Основна перевага статистичних або імовірносних методів розпізнавання – це одночасне використання або врахування ознак різної природи, тому що використовуються безрозмірні характеристики або величини, які по суті означають ймовірності показники різних станів системи. Серед цих методів завдяки простоті та ефективності займає головне місце метод Байєса. Він має також хиби, які полягають в тому, що треба виконувати великий об'єм підготовчої інформації, а також в тому, що величини, які рідко спостерігаються (зустрічаються) пригнічуються. Разом з тим, на практиці його доцільно використовувати, якщо є достатній об'єм статичних даних.

Основи методу. Метод заснований на використанні формули Байєса. Якщо мається діагноз D_i та проста ознака K_j , що зустрічається при цьому діагнозі, то імовірність сумісної появи цих подій [3]:

$$P(D_i K_j) = P(D_i)P(K_j / D_i) = P(K_j)P(D_i / K_j).$$

Звідси маємо таке співвідношення:

$$P(D_i / K_j) = \frac{P(D_i)P(K_j / D_i)}{P(K_j)}. \quad (1.9)$$

Це формула Байєса для встановлення імовірності появи діагнозу D_i після того, як спостерігається наявність ознаки K_j у об'єкта, що досліджується (апостеріорна імовірність діагнозу D_i).

$P(D_i)$ – імовірність діагнозу D_i , яка визначається за статистичними даними (апріорна), якщо попередньо досліджено N об'єктів і у N_i кількості об'єктів спостерігався діагноз D_i або стан D_i . Тоді:

$$P(D_i) = \frac{N_i}{N} \quad (1.10)$$

$P(K_j / D_i)$ – імовірність появи ознаки K_j у об'єктів, що мають стан D_i .

Отже:

$$P(K_j / D_i) = \frac{N_{ij}}{N_i}, \quad (1.11)$$

де N_i – кількість об'єктів, що мають діагноз D_i ;

N_{ij} – кількість об'єктів, у яких з'явилась ознака K_j (з числа об'єктів N_i);

$P(K_j)$ – імовірність появи ознаки K_j у всіх об'єктів, незалежно від стану або діагнозу кожного з них. Нехай із загальної кількості об'єктів N ознака K_j спостерігалася у N_j об'єктів, тоді

$$P(K_j) = \frac{N_j}{N}. \quad (1.12)$$

Узагальнена формула Байєса використовується, якщо дослідження проводиться за комплексом ознак K , що мають складові $K_1, K_2, K_3, \dots, K_v$. Кожна з складових ознак K_j мають m_j розрядів $K_{j1}, K_{j2}, K_{j3}, \dots, K_{jm}$. Нехай в результаті дослідження стає відомою реалізація ознаки K_j^* та всього комплексу ознак K^* . Індекс $*$ означає конкретне значення (реалізацію) ознак.

Формула Байєса для комплексу ознак:

$$P(D_i / K^*) = \frac{P(D_i)P(K^* / D_i)}{P(K^*)}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (1.13)$$

де n – кількість можливих станів (діагнозів);

$P(D_i / K^*)$ – імовірність діагнозу D_i після того, як стали відомі результати дослідження за комплексом ознак K ;

$P(D_i)$ – попередня імовірність діагнозу D_i (по попередній статистиці).

Для незалежних станів та ознак:

$$P(K^* / D_i) = P(K_1^* / D_i) P(K_2^* / D_i) P(K_3^* / D_i) \dots P(K_v^* / D_i) \quad (1.14)$$

Тоді маємо узагальнену формулу Байєса для визначення імовірного діагнозу за комплексом ознак:

$$P(D_i / K^*) = \frac{P(D_i)P(K^* / D_i)}{\sum_{s=1}^n P(D_s)P(K^* / D_s)}. \quad (1.15)$$

При цьому два і більше діагнозів одночасно не реалізуються, а один є обов'язковим, тоді:

$$\sum_{i=1}^n P(D_i / K^*) = 1.$$

Для залежних ознак маємо

$$P(K^* / D_i) = P(K_1^* / D_i) P(K_2^* / K_1^* D_i) \dots P(K_v^* / K_1^* K_2^* K_3^* \dots K_{v-1}^* D_i). \quad (1.16)$$

Отже, узагальнена формула Байєса для визначення діагнозу за комплексом ознак записується у вигляді (1.13).

Вирішальне правило для прийняття рішення про діагноз за методом Байєса. В методі Байєса стан об'єкту з комплексом ознак K^* відноситься до діагнозу з найбільшою апостеріорною імовірністю $K^* \in D_i$, якщо

$$P(D_i / K^*) > P(D_j / K^*), \quad (i, j = 1, 2, 3 \dots n, i \neq j).$$

Це означає, що реалізація K^* визначає діагноз (або стан) D_i . Таке правило уточнюється доповненням граничного (порогового) значення імовірності діагнозу:

$$P(D_i / K^*) \geq P_i,$$

де P_i – заздалегідь вибраний рівень розпізнавання діагнозу D_i .

При цьому імовірність ближнього конкурентного діагнозу не перевищує $1 - P_i$. На практиці у відповідальних випадках приймається $P_i \geq 0.9$. при умові $P(D_i / K^*) < P_i$ рішення про діагноз в багатьох випадках не приймається (відмова від розпізнавання). В таких випадках необхідно використати додаткову інформацію про стан системи для прийняття рішення.

Для надійності розпізнавання тут може бути використано умову

$$P(D_i / K^*) \geq P_i,$$

де P_i – заздалегідь вибраний рівень розпізнавання діагнозу D_i .

Для розрахунків за формулою використовується діагностична матриця методу Байєса. Вона створюється на основі попереднього статистичного матеріалу, зібраного до діагностування.

Така матриця має вигляд таблиці, в якій використовуються імовірності розрядів ознак при різних діагнозах (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Матриця імовірностей розрядів ознак при різних діагнозах

| Діагноз D _i | Ознака K _j | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | K ₁ | | | K ₂ | | | K ₃ | | | |
| | P (K ₁₁ / D _i) | P (K ₁₂ / D _i) | P (K ₁₃ / D _i) | P (K ₂₁ / D _i) | P (K ₂₂ / D _i) | P (K ₂₃ / D _i) | P (K ₃₁ / D _i) | P (K ₃₂ / D _i) | P (K ₃₃ / D _i) | P(D _i) |
| D ₁ | 0,2 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 0,3 |
| D ₂ | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0 | 0 | 0,3 | 0,7 | 0,1 | 0,9 | 0,1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Практичне заняття 5 Імовірність безвідмовної роботи.

Напрацювання на відмову

Теорія надійності встановлює закономірності виникнення відмов в різних виробках, вивчає вплив зовнішніх та внутрішніх впливів на процеси в них, закладає основи розрахунку надійності та прогнозування відмов, визначає способи підвищення надійності при конструюванні, виготовленні та експлуатації виробів, встановлює методику збору, обліку та аналізу статистичних відомостей, що характеризують надійність.

Імовірність безвідмовної роботи визначає ймовірність того, що рухомий склад в цілому чи його елемент буде працювати без відмов на протязі заданого періоду напрацювання.

Середнє напрацювання на відмову – величина, обернена до параметра потоку відмов, визначає середнє значення пробігу до першої відмови рухомого складу чи його елементу.

Параметр потоку відмов – величина, що визначає кількість відмов рухомого складу чи його елементу на один кілометр пробігу за відповідний період [4].

Задача 1. Провести приблизну оцінку імовірності безвідмовної роботи і середнє напрацювання на відмову до першої відмови тягового електричного двигуна типу ТН-81 для двох проміжків часу його роботи: $t=1000$ і 3000 год., за наступною середньою статистичною величиною інтенсивності відмов у частках одиниць на одну годину роботи: $\lambda \approx 20 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$.

Рішення. Середнє напрацювання до першої відмови двигуна за останнім рівнянням (5.5):

$$\left. \begin{aligned} P(t) &= e^{-\lambda t}; \\ Q(t) &= 1 - e^{-\lambda t}; \\ a(t) &= \lambda e^{-\lambda t}; \\ T_{cp} &= \frac{1}{\lambda}, \end{aligned} \right\}, \quad (1.17)$$

де λ – середня постійна величина інтенсивності раптових відмов технічного пристрою у частках одиниць на одну годину роботи;

t – час роботи пристрою у годинах.

Тоді, за (1.17)

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda} = \frac{10^6}{20} = 5 \cdot 10^4 \text{ год.}$$

На рисунку 1.3 представлено за рівнянням (1.17) кількісні характеристики надійності і інших величин технічного пристрою для експоненціального розподілу [10]. У цьому випадку при інтенсивності відмов $\lambda = \text{const}$ середній час між сусідніми відмовами, або напрацювання на відмову, t_{cp} рівне середньому напрацюванню до першої відмови T_{cp} .

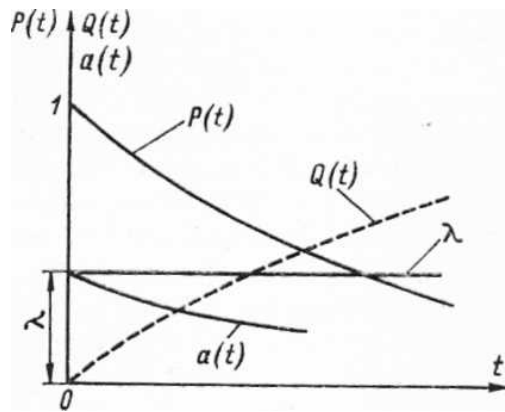


Рисунок 1.3 – Кількісні характеристики надійності технічного пристрою за експоненціальним розподілом

Для часу роботи пристрою $t = T_{cp}$ імовірність безвідмовної роботи його за рівнянням (1.17) буде мати значення:

$$P(t) = e^{-\lambda T_{cp}} = \frac{1}{e} \approx 0,37$$

Імовірність безвідмовної роботи, або надійність двигуна за першим рівнянням (1.17), з урахуванням

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_{cp}}} \quad (1.18)$$

для двох проміжків часу роботи буде:

$$P(1000) = e^{-\frac{1000}{5 \cdot 10^4}} = e^{-0,02} = 0,98;$$

$$P(3000) = e^{-\frac{3000}{5 \cdot 10^4}} = e^{-0,06} = 0,94$$

Як показують отримані дані, надійність двигуна, що розглядається характеризується тим, що у відповідності з другим рівнянням (1.17) на кожні 100 двигунів імовірність виходу з ладу на протязі вказаних двох проміжків часу роботи складає: у першому випадку – 2 двигуни, або 2%, у другому – 6 двигунів, або 6 %.

Задача 2. Визначити імовірність безвідмовної роботи і середнє напрацювання до першої відмови тягового двигуна тролейбуса типу ПМЗ-Т1 до кінця періоду нормальної експлуатації його $t = T_H = 6000$ год. (рис. 1.13), якщо середня інтенсивність відмов у частках одиниць на одну годину роботи $\lambda \approx 15 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$. Розрахувати також імовірність безвідмовної роботи цього двигуна, інтенсивність відмов і середнє напрацювання до першої відмови у період зносу (рис. 1.13) для трьох проміжків часу його роботи, вважаючи від початку періоду нормальної експлуатації $t = 8\ 000, 10\ 000$ і $12\ 000$ год., якщо середня довговічність, або ресурс двигуна від того ж початку

відліку $T_p = 12000$ год. і середнє квадратичне відхилення часу між відмовами у нормальному законі $\sigma = 2000$ год.

Рішення. Середнє напрацювання до першої відмови двигуна за останнім рівнянням (1.17) буде:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda} = \frac{10^6}{15} = 6,66 \cdot 10^4$$

Імовірність безвідмовної роботи, або надійність, двигуна до кінця періода нормальної експлуатації за першим рівнянням (1.17), з урахуванням (1.18), буде:

$$P(6000) = e^{-\frac{6000}{6,66 \cdot 10^4}} = e^{-0,09} = 0,918.$$

У період зносу надійність двигуна буде поступово знижуватись не тільки від зносових відмов, але також із-за можливих у цей період раптових відмов приблизно з тією ж інтенсивністю λ , як і в попередньому періоді нормальної експлуатації. Зниження надійності двигуна від раптових відмов у період зносу буде складати [4]:

$$P(8000) = e^{-\frac{8000}{6,66 \cdot 10^4}} = e^{-0,12} = 0,890;$$

$$P(10000) = e^{-\frac{10000}{6,66 \cdot 10^4}} = e^{-0,15} = 0,860;$$

$$P(12000) = e^{-\frac{12000}{6,66 \cdot 10^4}} = e^{-0,18} = 0,840.$$

Частота відмов $a(t)$ або густина їх імовірності $f(t)$ у цьому випадку визначаються рівнянням [4-6]:

$$a(t) = f(t) = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}}}{\sigma \left[1 + \Phi \left(\frac{T_p}{\sigma \sqrt{2}} \right) \right]} e^{-\frac{(t-T_p)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.19)$$

де T_p і σ – середнє значення довговічності двигуна і квадратичне відхилення часу між відмовами у нормальному законі (рис. 1.4), де потрібно вважати ($X = t$ і $\bar{X} = T_p$);

$\Phi \left(\frac{T_p}{\sigma \sqrt{2}} \right)$ – інтеграл імовірності виду: $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-x^2} dx$, який визначається

за табличними даними для значення $x = \frac{T_p}{\sigma \sqrt{2}}$.

У цьому випадку імовірність безвідмовної роботи технічного пристрою $P(t)$, імовірність його відмови $Q(t)$, інтенсивність відмов $\lambda(t)$ і середнє напрацювання до першої відмови T_{cp} на підставі рівнянь:

$$Q(t) = 1 - P(t), \quad P(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt, \quad \lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = -\frac{P'(t)}{P(t)}, \quad T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t)dt$$

та з урахуванням (1.19) будуть:

$$P(t) = \frac{1 - \Phi\left(\frac{t - T_p}{\sigma\sqrt{2}}\right)}{1 + \Phi\left(\frac{T_p}{\sigma\sqrt{2}}\right)};$$

$$Q(t) = 1 - P(t);$$

$$\lambda(t) = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}} e^{-\frac{(t-T_p)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma \left[1 - \Phi\left(\frac{t - T_p}{\sigma\sqrt{2}}\right) \right]};$$

$$T_{cp} = T_p + \frac{\sigma\sqrt{\frac{2}{\pi}}}{\sigma \left[1 + \Phi\left(\frac{T_p}{\sigma\sqrt{2}}\right) \right]} e^{-\frac{T_p^2}{2\sigma^2}},$$
(1.20)

де $\Phi\left(\frac{t - T_p}{\sigma\sqrt{2}}\right)$ – інтеграл імовірності вказаного вище виду, що визначається за табличними даними для значення $x = \frac{T_p}{\sigma\sqrt{2}}$.

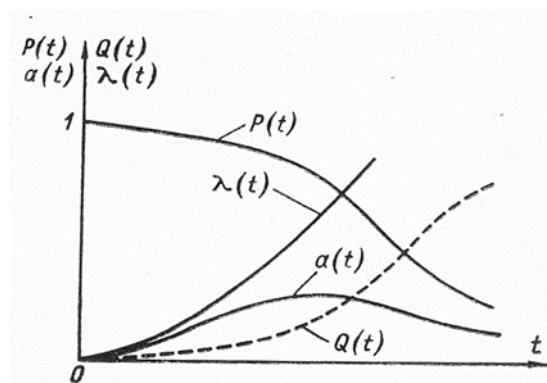


Рисунок 1.4 – Кількісні характеристики надійності технічного пристрою за нормальним розподілом

На рисунку 1.4 представлені за рівняннями (1.19) кількісні характеристики надійності та інших величин технічного пристрою для нормального розподілу.

Як видно з рисунка, інтенсивність відмов $\lambda(t)$ у цьому випадку дуже зростає протягом часу. Це означає, що має місце старіння або знос складових частин пристрою. На початковій стадії роботи протягом невеликого проміжку часу, коли знос деяких його частин ще не проявляється, імовірність його безвідмовної роботи $P(t)$ убиває незначною мірою. Проте, при тривалій роботі пристрою надійність його значно знижується із-за зносу частин, характер відмов яких близький до нормального розподілу у часі.

У електричних машинах – колекторних або з контактними кільцями – найбільшому зносу при їх тривалій роботі зазвичай підвергається щітковий вузол. Як показує досвід, розподіл у часі швидкостей зносу різних марок щіток у цих машинах близько до нормального розподілу. У зв'язку з цим і розподіл відмов у роботі щіток у часі представляється приблизно цією ж залежністю.

З метою ілюстрації використання рівнянь (1.19) для оцінки надійності електричної машини у період зносу наведемо приклад (задача 2).

Імовірність безвідмовної роботи, або надійність, двигуна у період зносу за першим рівнянням (1.19):

для трьох проміжків часу роботи після періоду нормальної експлуатації буде:

$$P_H(8000) = \frac{1 - \Phi\left(\frac{8000 - 12000}{2000\sqrt{2}}\right)}{1 + \Phi\left(\frac{12000}{2000\sqrt{2}}\right)} = \frac{1 - \Phi(-1,41)}{1 + \Phi(4,26)} = \frac{1 + 0,9523}{2} = 0,970$$

(де інтеграли імовірності: $\Phi(-1,41) = -0,9523$; $\Phi(4,26) = 1$);

$$P_H(10000) = \frac{1 - \Phi\left(\frac{10000 - 12000}{2000\sqrt{2}}\right)}{1 + \Phi(4,26)} = \frac{1 - \Phi(-0,707)}{2} = \frac{1 + 0,6778}{2} = 0,838$$

(де $\Phi(-0,707) = -0,6778$);

$$P_H(12000) = \frac{1 - \Phi\left(\frac{12000 - 12000}{2000\sqrt{2}}\right)}{1 + \Phi(4,26)} = \frac{1 - \Phi(0)}{2} = \frac{1 - 0}{2} = 0,500$$

Загальна імовірність роботи, або надійність, двигуна у період зносу буде дорівнювати добутку надійності періодів нормальної експлуатації і зносу:

$$P_0(8000) = P(8000) P_H(8000) = 0,890 \cdot 0,970 = 0,863 ;$$

$$P_0(10000) = P(10000) P_H(10000) = 0,860 \cdot 0,838 = 0,720 ;$$

$$P_0(12000) = P(12000) P_H(12000) = 0,840 \cdot 0,500 = 0,420 .$$

Інтенсивність відмов двигуна для трьох проміжків часу у період зносу буде:

$$\lambda(8000) = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}} e^{-\frac{8000-12000^2}{2000\sqrt{2}}}}{2000 \left[1 - \Phi\left(\frac{8000-12000}{2000\sqrt{2}}\right) \right]} = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}} e^{-2}}{2000 [1 - \Phi(-1,41)]} = \frac{0,1085 \cdot 10^{-3}}{2(1 + 0,9523)} = 2,78 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$$

$$\lambda(10000) = 14,2 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}, \quad \lambda(12000) = 39,8 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}.$$

Середнє напрацювання до першої відмови за останнім рівнянням буде:

$$T_{cp} = 12000 + \frac{2000 \sqrt{\frac{2}{\pi}}}{\left[1 + \Phi\left(\frac{12000}{2000\sqrt{2}}\right) \right]} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{12000}{2000} \right)^2} \approx 12000 \text{ год.}$$

Як показують отримані дані, надійність розглянутого двигуна у період зносу характеризується тим, що у відповідності з другим рівнянням на кожні 100 двигунів імовірність виходу з ладу до кінця строку довговічності ($T_p = 12000$ год.) складає 58 двигунів, або 58% тобто більше половини двигунів до цього строку відмовить у роботі.

Задача 5-3. Визначити імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов і середнє напрацювання до першої відмови технічного пристрою, відмови якого у часі підкорюються розподілу Релея, для трьох проміжків часу його роботи: $t=200, 1000$ і 3000 год., якщо параметр розподілу $\sigma_1 = 1500$ год.

Рішення. Імовірність безвідмовної роботи, або надійність, пристрою за першим рівнянням для трьох проміжків часу роботи буде:

$$P(200) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{200}{1500} \right)^2} = e^{-0,0089} = 0,990;$$

$$P(1000) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{1000}{1500} \right)^2} = e^{-0,222} = 0,800;$$

$$P(3000) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{3000}{1500} \right)^2} = e^{-2} = 0,135.$$

Інтенсивність відмов пристрою за третім рівнянням для трьох проміжків часу буде:

$$\lambda(200) = \frac{200}{1500^2} = 0,89 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda(1000) = \frac{1000}{1500^2} = 4,45 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda(3000) = \frac{3000}{1500^2} = 13,33 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$$

Середнє напрацювання до першої відмови за останнім рівнянням буде:

$$T_{cp} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma_1 = \sqrt{\frac{\pi}{2}} 1500 = 1880 \text{ год.}$$

Як показують отримані дані, пристрій що розглядається має високу надійність при малих інтервалах часу роботи і вельми низьку - при більших інтервалах, так як інтенсивність відмов тут зростає пропорційно часу. Як наслідок, технічні пристрої з відмовами у часі, які підкорюються розподілу Релея, доречно використовувати тільки на протязі не великих проміжків часу роботи.

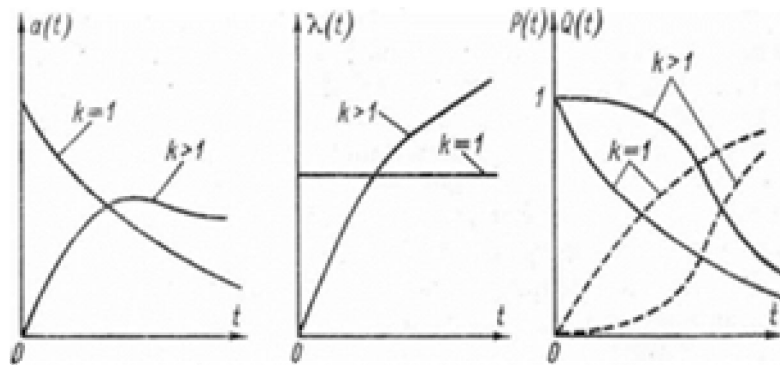


Рисунок 1.5 – Кількісні характеристики надійності технічного пристрою за γ – розподілом

Суцільним кривим відповідає імовірність безвідмовної роботи $P(t)$; пунктирним кривим – імовірність відмови $Q(t)$.

Задача 5-4. Під час контрольних випробувань деякі системи на заводі-виробнику з'явилися відмови у її роботі, які по характеру приблизно підкорюються γ – розподілу з параметрами асиметрії $k > 1$. визначити імовірність безвідмовної роботи системи і інтенсивність її відмов для двох проміжків часу: $t = 200$ і 1000 год., а також розрахувати середнє напрацювання її до першої відмови, якщо параметри $\lambda_0 = 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$ і $k=2$.

Рішення. Імовірність безвідмовної роботи, або надійність системи, за першим рівнянням для вказаних двох проміжків роботи буде:

$$P(200) = e^{-10^{-3} \cdot 200} [1 + 10^{-3} \cdot 200] = 1,2e^{-0,2} = 0,910;$$

$$P(1000) = e^{-10^{-3} \cdot 1000} [1 + 10^{-3} \cdot 1000] = 2e^{-1} = 0,738.$$

Інтенсивність відмов системи для тих же проміжків часу за третім рівнянням буде:

$$\lambda(200) = \frac{10^{-3} (10^{-3} \cdot 200)^{2-1}}{(2-1)! [1 + 10^{-3} \cdot 200]} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 0,167 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda(1000) = \frac{10^{-3} (10^{-3} \cdot 1000)^{2-1}}{(2-1)! [1 + 10^{-3} \cdot 1000]} = \frac{10^{-3}}{2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}.$$

Середнє напрацювання до першої відмови системи за останнім рівнянням буде:

$$T_{cp} = \frac{2}{10^{-3}} = 2000 \text{ год.}$$

Як показують отримані дані, рівень надійності системи із збільшенням проміжку часу роботи помітно знижується, а інтенсивність її відмов – зростає.

Задача 5-5. Частота відмов у часі електричної машини на кулькових підшипниках наближено підкорюються розподілу Вейбулла з параметрами $k=1,5$ і $\lambda_0 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1,5}$. Визначити імовірність безвідмовної роботи машини і інтенсивність її відмов для трьох проміжків часу роботи $t = 500, 1000$ і 2000 год., а також розрахувати середнє напрацювання до першої відмови.

Рішення. Імовірність безвідмовної роботи, або надійність, машини за першим рівнянням для вказаних трьох проміжків часу роботи буде:

$$P(500) = e^{-2 \cdot 10^{-6} \cdot 500^{1,5}} = e^{-0,0224} = 0,98;$$

$$P(1000) = e^{-2 \cdot 10^{-6} \cdot 1000^{1,5}} = e^{-0,0632} = 0,94;$$

$$P(2000) = e^{-2 \cdot 10^{-6} \cdot 2000^{1,5}} = e^{-0,179} = 0,84.$$

Інтенсивність відмов машини за третім рівнянням для тих же проміжків часу роботи буде:

$$\lambda(500) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 500^{1,5-1} = 67 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda(1000) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 1000^{1,5-1} = 95 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1};$$

$$\lambda(2000) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 2000^{1,5-1} = 134 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

Середнє напрацювання до першої відмови за останнім рівнянням буде:

$$T_{cp} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{1,5} + 1\right)}{(2 \cdot 10^{-6})^{2/3}} = \frac{\Gamma(1,67)}{1,59 \cdot 10^{-4}} = \frac{0,9033 \cdot 10^4}{1,59} = 0,57 \cdot 10^4 \text{ год.,}$$

де γ – функція за табл. П-6 $\Gamma(1,67) = 0,9033$.

Як показують отримані дані, із збільшенням тривалості режиму роботи електричної машини на кулькових підшипниках виникає безперервне зростання інтенсивності її відмов $\lambda(t)$ і рівень надійності такої машини знижується швидше, ніж при експоненціальному розподіленні.

Практичне заняття 6 Завдання і функції дільниць діагностування. Планування дільниць 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 і раціональне його використання.

Завданням дільниці є діагностування рухомого складу в об'ємі Д-1 і Д-2, а також разове діагностування, що виконується по окремих заявках в обмеженому об'ємі на тому ж обладнанні [7,8].

До функцій дільниці діагностування входять:

- реєстрація результатів діагностування і заповнення планів-звітів з Д-1 і Д-2;
- ведення журналів діагностування Д-2 по кожному транспортному засобу;
- щомісячний аналіз результатів діагностування, систематизація виявлених дефектів і внесення пропозицій головному інженерові про способи зниження витрат на технічну експлуатацію транспортних засобів;
- визначення економічної ефективності діагностування;
- складання щомісячного і річного звіту про роботу, що виконується на дільниці;
- профілактичне обслуговування контрольно-вимірювальної апаратури і діагностичного обладнання;
- ведення обліку профілактичного обслуговування діагностичного обладнання в спеціальних формулярах або журналах;
- виконання правил техніки безпеки;
- підвищення кваліфікації операторів;
- забезпечення операторів бланками документації;
- встановлення режиму роботи операторів в залежності від режиму роботи автомобілів на лінії і режиму роботи виробничих дільниць з метою організації діагностування і усунення виявлених несправностей у вільний від транспортної роботи час.

На підставі плану-графіка технічного обслуговування і ремонту автомобілів технічний відділ підприємства або бюро обробки інформації

заповнюють бланк плану-звіту Д-1 рухомого складу за один день до Д-1 в двох екземплярах. Один екземпляр плану Д-1 передається відділу експлуатації, а другий – на дільницю діагностування.

При виконанні Д-1 протягом декількох змін звіт підписують декілька виконавців, а відмітка про виконання проставляється тільки цифровими іменними штампами або шифрами виконавців.

За наявності дефектів автомобіль направляють по вказівці диспетчера виробництва в зону Д-2 або в зону поточного ремонту.

Д-1 виконується по спеціальному графіку або перед ТО-1; Д-2 виконується по графіку за два-три дні до ТО-2.

Порядок складання плану-звіту Д-2 аналогічний складанню плану-звіту Д-1.

Діагностування вузлів і агрегатів РС може проводитися як на тупикових постах, так і на потокових лініях. Пости або лінії діагностування технічного стану рухомого складу повинні бути оснащені спеціальними стендами з біговими барабанами, що імітують швидкісні і навантаження режими роботи РС, або майданчиковими стендами проїзного типу для перевірки гальм, установки передніх коліс та ін.

У комплект стендів входить стаціонарне або переносне обладнання для реєстрації контрольованих параметрів. Розташування дільниці Д-1 повинно забезпечити зручність пряму руху після Д-1 на ТО-1, поточний ремонт або на стоянку, а за необхідності – на дільницю Д-2. На дільниці Д-1 розміщується обладнання для перевірки рульового керування, гальмівної системи, установки коліс, шин, приладів освітлення і сигналізації (рис. 1.7).

Планування дільниці Д-1 з лінією експрес-діагностики показано на рисунку 1.6. Для дільниці виділяється приміщення площею 18м×9м. У виробничому приміщенні встановлюється лінія експрес-діагности, а пульт управління 4 встановлюється в операторській.

Дільниця поглибленого діагностування Д-2 розташовується поблизу зони ТО-2. На першому етапі застосування засобів діагностики організовується однопостова дільниця Д-2, на якій концентрується все діагностичне обладнання.

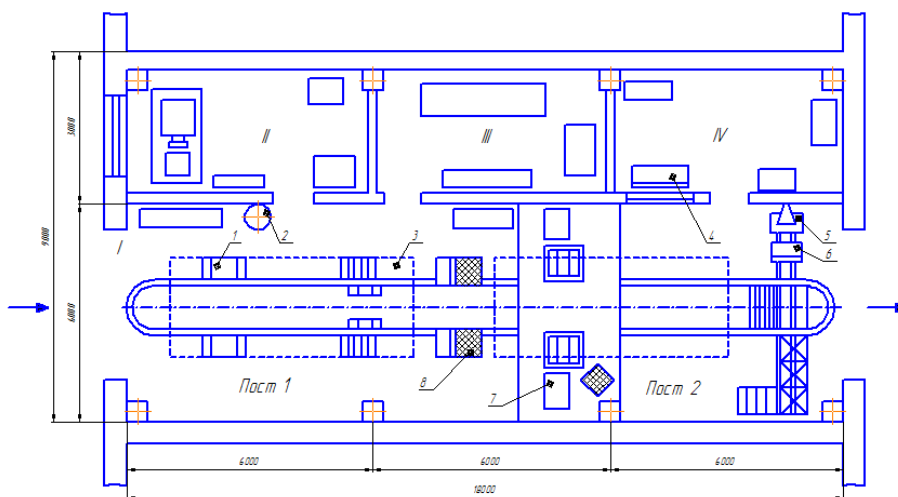


Рисунок 1.6 – Планування дільниці Д-1 з лінією експрес-діагностики:

I – приміщення постів діагностування; II – машинне відділення; III – приміщення для робіт з обслуговування стендів та приладів; IV – приміщення операторів; 1 – прилад для обдуву горячим повітрям; 2 – автоматична повітряно-роздаточна колонка для підкачування шин; 3 – гідропідйомник; 4 – пульт керування; 5 – стенд для перевірки електричного обладнання; 6 – прилад для перевірки встановлення фар; 7 – стенд для перевірки гальмівних систем; 8 – стенд для перевірки кутів установки керованих коліс

Практичне заняття 7 Визначення економічної ефективності від впровадження засобів діагностики

Досягнення в галузі мікропроцесорної техніки дає можливість створювати нові системи управління на основі мікроконтролерів. Ці системи також дають більш ширший діапазон можливостей, що включають, крім функцій управління, і функції контролю, захисту, діагностики та ін.

Сучасний розвиток інформаційних технологій дозволяє вирішувати проблеми ресурсозбереження за рахунок створення єдиної системи інформаційного забезпечення, яка повинна супроводжувати промисловий об'єкт на всіх етапах його життєвого циклу: проектування, створення, експлуатації, ремонту. Електромеханічні системи електроприводів зараховується до промислових об'єктів і мають відповідний життєвий цикл.

У чому ж полягає особливість стаціонарних систем діагностування (моніторингу)? Типова стендова система моніторингу і діагностики, яка може будуватися на базі переносної системи, за складом технічних засобів, які не відрізняються від стаціонарної системи моніторингу і діагностики (рис. 1.7).

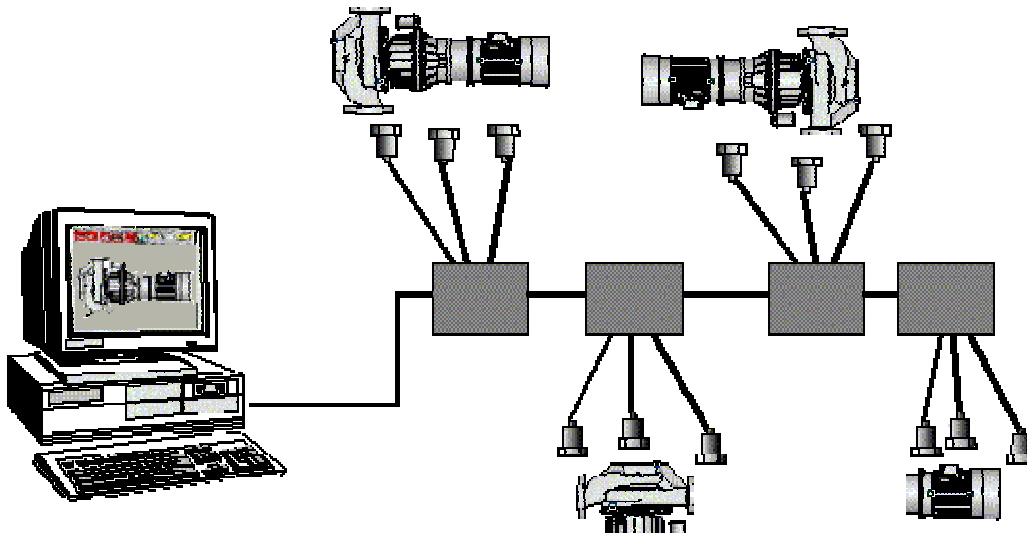


Рисунок 1.7 – Структура стаціонарної системи моніторингу і діагностики

Ця система (рис. 1.7) складається з центральної діагностичної станції – комп'ютера із вмонтованими платами для перетворення сигналу в цифрову форму і пакетами програм для керування, аналізу сигналів, моніторингу і діагностики, відображення стану обладнання, а також зовнішніми блоками посилення і комутації, датчиками вібрації та частоти обертання ротора.

Перша перевага полягає в тому, що вся робота системи відбувається автоматично, у тому числі й планування вимірювань на їхнє проведення, й аналіз сигналів, і всі подальші операції моніторингу.

Друга особливість – у системі може не вистачати кількості датчиків для того, щоб зміряти вібрацію кожного вузла, і тому в стаціонарній системі може не бути підсистеми глибокої діагностики.

Третя особливість – до складу стаціонарної системи може входити і переносний прилад для проведення додаткових (до обов'язкових моніторингових вимірювань вібрації) вимірювань інших сигналів. У цьому випадку система може забезпечувати і глибоку діагностику машини.

Звернути особливу увагу на методи і засоби сучасного діагностування вузлів і агрегатів рухомого складу міського електричного транспорту.

Вплив технічних засобів на ефективність діагностування технічних об'єктів враховується множителем p_3 – вірогідністю правильного функціонування технічних засобів в період здійснення діагностування.

Спосіб розрахунку величини p_3 змінюється залежно від умов здійснення діагностування. При цьому засоби діагностики можуть розглядатися як об'єкти безперервної дії (технологічні процеси, апаратура бортового устаткування у польоті і ін.) або як об'єкти періодичної дії (устаткування рухомих об'єктів перед використанням і ін.).

Впровадження засобів технічної діагностики в практику експлуатаційних депо забезпечує підвищення ефективності виробництва.

Економічну ефективність технічної діагностики можна оцінити, зіставляючи витрати на експлуатацію рухомого складу з додатковими витратами на виконання діагностики. Зниження експлуатаційних витрат при впровадженні діагностики обумовлене зменшенням об'єму поточного ремонту, витрати запасних частин, витрат праці, підвищенням продуктивності праці, збільшенням коефіцієнта технічної готовності і довговічності використання рухомого складу; витрати на діагностику обумовлені витратами на діагностичне устаткування і експлуатаційними витратами на його використання.

Запитання для самоконтролю

1. Фізичні основи прогнозування технічного стану рухомого складу.
2. Застосування інженерних методів прогнозування при експлуатації обладнання.
3. Основні способи вирішення завдань прогнозування.
4. Завдання і функції дільниці діагностування.
5. Особливості планування та вибір контрольно-діагностичного обладнання.
6. Вплив технічних засобів на ефективність діагностування.
7. Показники оцінки ефективності впровадження дільниць діагностики.
8. Ефективність технічного діагностування.
9. Засоби технічного діагностування.
10. Основні вимоги до засобів діагностування.

2 САМОСТІЙНА РОБОТА

2.1 Загальні положення щодо виконання самостійної роботи

2.1.1 Організація та мета самостійної роботи студентів

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 молоді людини до соціуму, який базується на взаємозалежності соціальних об'єктів.

Серед соціальних умов навчальної діяльності, які найбільш позначаються на якості самостійної роботи студентів, слід відзначити такі: соціально-нерівні можливості студентів, які відрізняються матеріальним становищем і умовами проживання; кваліфікаційні характеристики і соціальні якості викладачів; особливості їхніх стосунків зі студентами; 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 студента. 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 студентів. 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 студентів 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 студентів. При плануванні повинні враховуватися результати попереднього аналізу навчальних програм, обсяг матеріалу, види знань, трудомісткість їхнього виконання та засвоєння; фактичний час, потрібний студенту для виконання самостійної роботи, а також ступінь відповідності цього часу плановому.

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

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 основних положень діагностування електромехатронних 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 електромехатронних системах;
- набуття навиків 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.

2.2 Перелік тем і запитань для самостійного контролю

Згідно з навчальною програмою дисципліни «Сучасні технології діагностики електромехатронних систем» передбачено розгляд тем, стислий зміст яких наведено нижче.

Модуль 1 Сучасні технології діагностики електромехатронних систем

ЗМ 1 Загальні принципи діагностики електромехатронних систем

1.1 Основні напрямки діагностики електромехатронних систем. Мета та основні задачі. Класифікація діагностичних параметрів.

1.2 Сучасні тенденції розвитку електромехатронних систем. Принципи побудування діагностичних приладів і систем.

1.3 Теорія надійності при вирішенні практичних задач діагностики.

ЗМ 2 Організація діагностики електромехатронних систем

2.1 Засоби технічної діагностики. Загальна характеристика технічних засобів діагностики електромехатронних систем.

2.2 Прогнозування технічного стану. Методи і обладнання для експрес-діагностування вузлів і агрегатів електромехатронних систем.

ЗМ 3 Комп'ютеризація процесу діагностики електромехатронних систем

3.1 Автоматизовані діагностичні системи. Алгоритм діагностування.

3.2 Ефективність діагностики. Вплив технічних засобів на ефективність діагностики.

2.2.1 ЗМ 1 Загальні принципи діагностики електромехатронних систем

Тема 1.1 Основні напрямки діагностики електромехатронних систем. 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:**

1. Розпізнавання стану системи в умовах скороченої інформації. Технічна діагностика – без розбірна діагностика (конструкцію не розбираємо).

2. 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 діагностуванні 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.

Запитання для самоконтролю за п. 1.1

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 1.2 Сучасні тенденції розвитку електромехатронних систем. Принципи побудування діагностичних приладів і систем

В основу організації діагностики покладена планово - попереджувальна система ТО і Р, а також діюче «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);
- процесу виявлення їхніх зв'язків.

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.

Запитання для самоконтролю за п. 1.2

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 1.3 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 одномірні, багатомірні 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.

Запитання для самоконтролю за п. 1.3

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].

2.2.2 ЗМ 2 Організація діагностики електромехатронних систем

Тема 2.1 Засоби технічної діагностики. Загальна характеристика технічних засобів діагностики електромехатронних систем

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 і т. д.).

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.

Запитання для самоконтролю за п. 2.1

1. Охарактеризуйте сучасні засоби діагностування.
2. Які бувають види і форми діагностування? Наведіть приклади їх застосування.
3. Дайте оцінку бортовим системам діагностування у порівнянні з іншими.

Рекомендовані джерела [1, 6 – 8].

Тема 2.2 Прогнозування технічного стану. Методи і обладнання для експрес-діагностування вузлів і агрегатів електромехатронних систем

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-прогнозаторів. 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 прогнозатора залежить, в першу чергу, від обраного методу прогнозування, а також від тих конкретних вимог, які висуваються до нього щодо точності, швидкодії, надійності й тому подібне.

Запитання для самоконтролю за п. 2.2

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].

2.2.3 ЗМЗ Комп'ютеризація процесу діагностики електромехатронних систем

Тема 3.1 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. 2.1). 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.

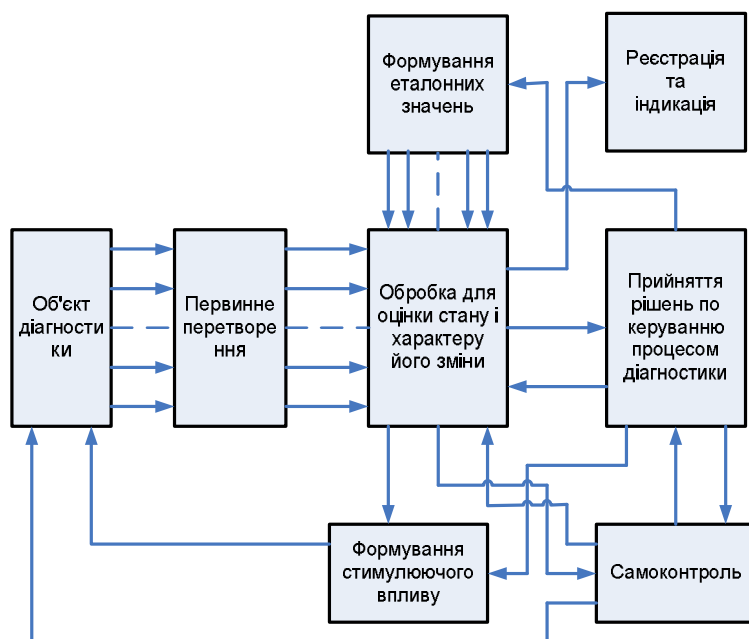


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема діагностики технічних об'єктів

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 контрольних-вимірювальних операцій, підвищення чіткості вимірювання діагностичних параметрів і, відповідно, достовірності постановки діагнозу. При цьому повинна дотримуватися загальна умова мінімізації витрат на експлуатацію, обслуговування і ремонт об'єкта, що діагностується, зі зберіганням на належному рівні коефіцієнта технічної готовності парка рухомого складу.

Технічне діагностування спрямоване на вирішення трьох основних завдань: визначення роботоспроможності 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. Число 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.

Запитання для самоконтролю за п. 3.1

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

Запитання для самоконтролю за п. 3.2

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].

2.3 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 подій.
9. Визначення ймовірності безвідмовної роботи блоків при послідовному та паралельному з'єднанні трьох елементів.
10. Визначення ймовірності 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.
21. Структура діагностування тягових електродвигунів та методи їх виявлення.
22. Процес діагностування механічного обладнання електричного транспорту.
23. Процес діагностування струмоприймача електричного виду транспорту.
24. Структура діагностування ходової частини електротранспорту.
25. Методика складання алгоритму діагностування.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Введение в мехатронику: учеб. пособие / А. И. Грабченко, В. Б. Клепиков, В. Л. Доброскок и др. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2014. – 264 с.
2. Попович М. Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електропривод / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков. – К: Либідь, 2005. – 678 с.
3. Діагностування рухомого складу електричного транспорту : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання спеціальності 7.05070203, 8.05070203 – Електричний транспорт / [В. Х. Далека, М. Г. Шульженко, В. І. Коваленко, В. М. Шавкун] Харків нац. акад. міськ. госп-ва : – Харків : ХНАМГ, 2011. – 99 с.
4. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Діагностування рухомого складу електричного транспорту» : для студентів усіх форм навчання спеціальності 7.05070203, 8.05070203 – Електричний транспорт / Харків нац. акад. міськ. госп-ва ; уклад. : В. Х. Далека, М. Г. Шульженко, В. М. Шавкун. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 71 с.
5. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Діагностування рухомого складу електричного транспорту» : для студентів 5 курсу всіх форм навчання спеціальності 7.05070203, 8.05070203 – Електричний транспорт та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070203 – Електричний транспорт / Харків нац. акад. міськ. госп-ва ; уклад. : М. Г. Шульженко, В. М. Шавкун. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 32 с.
6. Яцун М. А. Експлуатація та діагностування електричних машин і апаратів : навч. посібник / М. А. Яцун, А. М. Яцун. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – 28 с.
7. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : організація і управління : підручник / О. А. Лудченко. – Київ : Знання-Прес, 2004. – 478 с.
8. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навч. посібник / [Є. Ю. Форнальчук, М. С. Оліскевич, О. Л. Мاستикаш, Р. А. Пельо] – Львів : Афіша, 2004. – 492 с.

Інформаційні ресурси

1. Цифровий репозиторій ХНУМГ імені О. М. Бекетова [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua>

Виробничо-практичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи,
проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

**«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТИКИ
ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ СИСТЕМ»**

*(для студентів усіх форм навчання освітнього рівня «магістр»
за спеціальністю*

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)

Укладач **ШАВКУН В'ячеслав Михайлович**

Відповідальний за випуск *Ю. П. Бархаєв*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2018, поз. 499 М

Підп. до друку 05.11.2018. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,5.

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.