

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра тракторів та СГМ, експлуатації і технічного сервісу

Марченко Д. Д.

Зубехіна-Хайят О. В.

Лимар О. О.

**РЕМОНТ МАШИН І НАДІЙНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
СИСТЕМ**

Курс лекцій

для здобувачів вищої освіти ступеня «Магістр»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

денної та заочної форми навчання

Миколаїв 2017

УДК 629.114.2.011.1.

М

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від _____ 2017 р., протокол № ____.

Автори:

Д.Д. Марченко – в.о. доцента кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет

О.В. Зубсхіна-Хайят – асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

О.О. Лимар – асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

В.І. Гавриш – докт. екон. наук., проф. кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Г.О. Іванов – канд. техн. наук., доц. кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університе

© Миколаївський національний аграрний університет, 2017

Зміст

Лекція 1. Основні поняття і показники теорії надійності	5
1. Надійність як наука	
2. Історія розвитку теорії надійності	
3. Основні поняття надійності	
4. Життєвий цикл об'єкта	
5. Підтримка надійності об'єкта при експлуатації	
Лекція 2. Основні показники надійності	13
1. Показники для оцінки безвідмовності	
2. Показники для оцінки довговічності	
3. Показники для оцінки зберігання	
4. Показники для оцінки ремонтопридатності	
5. Комплексні показники надійності	
Лекція 3. Отримання інформації про надійність машин	19
1. Отримання інформації про надійність машин	
2. Нормування показників надійності	
Лекція 4. Основи надійності складних систем	23
1. Особливості складних систем	
2. Структура складних систем	
3. Резервування	
Лекція 5. Технічна діагностика	29
1. Основні поняття технічної діагностики	
2. Завдання технічної діагностики	
3. Вибір діагностичних параметрів	
4. Закономірності зміни параметрів стану в процесі експлуатації машин	
Лекція 6. Методи і види діагностування	36
1. Методи і види діагностування	
2. Засобів діагностування	
3. Класифікація датчиків	

Лекція 7. Комп'ютерна діагностика автомобіля 41

1. Комп'ютерна діагностика автомобіля

2. Стандарти в автомобільній діагностиці

3. Загальні вимоги до засобівтехнічного діагностування

Питання для проміжного контролю знань здобувачів вищої освіти 45

Література 48

Лекція 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ПОКАЗНИКИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ

Час: 2 години

План:

1. Надійність як наука
2. Історія розвитку теорії надійності
3. Основні поняття надійності
4. Життєвий цикл об'єкта
5. Підтримка надійності об'єкта при експлуатації

1. Надійність як наука

Надійність характеризує якість технічного засобу.

Якість - сукупність властивостей, що визначають придатність виробу до використання за призначенням і його споживчі властивості.

Надійність - комплексна властивість технічного об'єкта, яке складається в його здатності виконувати задані функції, зберігати свої основні характеристики у встановлених межах. Поняття надійності включає в себе безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збереженість.

Предмет надійності - вивчення причин, що викликають відмови об'єктів, визначення закономірностей, яким вони підчиняються, розробка способів кількісного виміру надійності, методів розрахунку і випробувань, розробка шляхів і засобів підвищення надійності.

Об'єктом дослідження надійності як науки є тий чи інший технічний засіб: окрема деталь, вузол машини, агрегат, машина в цілому, виріб і ін.

Розрізняють загальну теорію надійності та прикладні теорії надійності. Загальна теорія надійності має три складові:

1. Математична теорія надійності. Визначає математичні закономірності, яким підчиняються відмови і методи кількісного виміру надійності, а також інженерні розрахунки показників надійності.

2. Статистична теорія надійності. Обробка статистичної інформації про надійність. Статистичні характеристики надійності та закономірності відмов.

3. Фізична теорія надійності. Дослідження фізико-хімічних процесів, фізичних причин відмов, впливу старіння і міцності матеріалів на надійність.

Прикладні теорії надійності розробляються в конкретній галузі техніки стосовно об'єктів цієї області. Наприклад, існує теорія надійності систем управління, теорія надійності електронних пристроїв, теорія надійності машин і ін.

Надійність пов'язана з ефективністю (наприклад, з економічною ефективністю) техніки. Недостатня надійність технічного засобу є наслідком:

- зниження продуктивності через простої внаслідок несправності;
- зниження якості результатів використання технічного засобу через погіршення його технічних характеристик внаслідок несправностей;
- витрати на ремонти технічного засобу;
- втрата регулярності отримання результату (наприклад, зниження регулярності перевезень для транспортних засобів);

2. Історія розвитку теорії надійності

I етап. Початковий етап.

Він починається з початку появи перших технічних пристроїв (це кінець XIX ст. (приблизно 1880 р.)) і закінчується з появою електроніки та автоматики, авіації і ракетно-космічної техніки (середина XX ст.).

Вже на початку століття вчені стали замислюватися, як зробити машину яка не ламається. З'явилося таке поняття, як «запас» міцності. Але, збільшуючи запас міцності, збільшується і маса виробу, що не завжди прийнятно. Фахівці стали шукати шляхи вирішення цієї проблеми.

Основою для вирішення таких проблем стала теорія ймовірностей і математична статистика. На базі зазначених теорій вже в 30-і рр. було сформовано поняття відмови, як перевищення навантаження над міцністю.

З початком розвитку авіації та застосування в ній електроніки та автоматики теорія надійності починає бурхливо розвиватися.

II етап. Етап становлення теорії надійності (1950 - 1960).

У 1950 р військово-повітряні сили США організували першу групу для вивчення проблем надійності радіоелектронного обладнання. Група встановила, що основна причина виходу з ладу радіоелектронної апаратури полягала в низькій надійності її елементів. Стали в цьому розбиратися, вивчати вплив різних експлуатаційних факторів на справну роботу елементів. Зібрали великий статистичний матеріал, який і став основою теорії надійності.

III етап. Етап класичної теорії надійності (1960 - 1970).

У 60-70 рр. з'являється космічна техніка, що вимагає підвищеної надійності. З метою забезпечення надійності цих виробів починають аналізувати конструкцію виробів, технологію виробництва і умови експлуатації.

На даному етапі було встановлено, що причини поломок машин можна виявити і усунути. Починає розвиватися теорія діагностики складних систем. З'являються нові стандарти по надійності машин.

IV етап. Етап системних методів надійності (з 1970 року по теперішній час).

На цьому етапі були розроблені нові вимоги до надійності, що заклали основу сучасних систем і програм забезпечення надійності. Були розроблені типові методики проведення заходів, пов'язаних із забезпеченням надійності.

Ці методики поділяються на два основних напрямки:

- *перший напрямок* відноситься до потенційної надійності, яке враховує конструктивні (вибір матеріалу, запас міцності і т.д.) і технологічні (жорсткість допусків, підвищення чистоти поверхні і т.д.) методи забезпечення надійності;

- *другий напрямок* - експлуатаційний, який спрямований на забезпечення експлуатаційної надійності

3. Основні поняття надійності

Надійність використовує поняття об'єкта. Об'єкт характеризується якістю. Надійність є складовим показником якості об'єкта. Чим вище надійність об'єкта, тим вище його якість.

В процесі експлуатації об'єкт може знаходитися в одному з наступних станів (рис. 1.1):

1) *Справний стан* - стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

2) *Несправний стан* - стан об'єкта, при якому він не відповідає хоча б одній з вимог нормативно-технічної та (або) конструкторської документації.

3) *Працездатний стан* - стан об'єкта, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідає вимогам нормативно-технічної та (або) конструкторської документації.

4) *Непрацездатному стані* - стан об'єкта, при якому значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Розрізняють несправності, що не приводять до відмов (порушення лакофарбового покриття, знос протектора колеса), і несправності, що ведуть до виникнення відмови (тріщина металоконструкції рами, вигин лопаті вентилятора системи охолодження двигуна).

Окремим випадком непрацездатного стану є граничний стан

Граничний стан – стан, при якому подальша експлуатація об'єкта недопустима або відновлення працездатного стану неможливе чи недоцільне.

Перехід об'єкта в граничний стан тягне за собою тимчасове або остаточне припинення експлуатації об'єкта, тобто об'єкт повинен бути виведений з експлуатації, спрямований в ремонт або списаний. Критерії граничного стану встановлюють в нормативно-технічній документації.

Пошкодження - це подія, що полягає в порушенні справного стану об'єкта при збереженні працездатного стану.

Відмова - це подія, що полягає в порушенні працездатного стану об'єкта.

Відновлення (ремонт) - повернення об'єкту працездатного стану.

Критерії пошкоджень і відмов встановлюють в нормативно-технічній та (або) конструкторській документації.

Класифікація відмов приведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Класифікація відмов

Ознака	Вид відмови
I. Значимість	1) Критичний 2) Істотний 3) Несуттєвий
II. Залежність	1) Залежний 2) Незалежний
III. Характер виникнення	1) Раптовий 2) Поступовий
IV. Характер виявлення	1) Явний 2) Прихований
V. Причина виникнення	1) Конструктивний 2) Виробничий 3) Експлуатаційний 4) Деградаційний

Залежна відмова - відмова, обумовлена іншими відмовами.

Раптова відмова - характеризується різкою зміною одного або декількох заданих параметрів об'єкта. Прикладом раптової відмови є порушення працездатності системи запалювання або системи живлення двигуна. **Поступова відмова** - характеризується поступовою зміною одного або декількох заданих параметрів об'єкта. Характерним прикладом поступової відмови є порушення працездатності гальм в результаті зносу фрикційних елементів.

Явна відмова - відмова, що виявляється візуально чи штатними методами і засобами контролю та діагностування при підготовці об'єкту до застосування або в процесі його застосування за призначенням.

Прихований відмова - відмова, що не виявляється візуально чи штатними методами і засобами контролю та діагностування, але виявляється при проведенні технічного обслуговування або спеціальними методами діагностики. Залежно від способу усунення відмови всі об'єкти поділяють на ремонтовані (відновлювані) і неремонтовані (невідновлювані). До ремонтованих відносять об'єкти, які при виникненні відмови ремонтують і після відновлення працездатності знову вводять в експлуатацію. Неремонтовані об'єкти (елементи) після виникнення відмови замінюють. До таких елементів відносяться більшість азбестових і гумотехнічних виробів (гальмівні накладки, накладки дисків зчеплення, прокладки, манжети), деякі електротехнічні вироби (лампи, запобіжники, свічки запалювання), що швидко зношується і забезпечують безпеку експлуатації деталі (вкладиші і пальці шарнірів рульових тяг, втулки шкворневих з'єднань). До числа неремонтованих елементів машин відносять також підшипники кочення, осі, пальці, кріпильні деталі. Відновлення перерахованих елементів економічно недоцільно, тому що витрати на ремонт досить великі, а що забезпечується при цьому довговічність значно нижче, ніж у нових деталей.

4. Життєвий цикл об'єкта

Об'єкт характеризується життєвим циклом. Життєвий цикл об'єкта складається з ряду стадій: проектування об'єкта, виготовлення об'єкта, експлуатація об'єкта. Кожна з цих стадій життєвого циклу впливає на надійність виробу.

На стадії проектування об'єкта закладаються основи його надійності. На надійність об'єкта впливають:

- вибір матеріалів (міцність матеріалів, зносостійкість матеріалів);
- запаси міцності деталей і конструкції в цілому;
- зручність збирання та розбирання (визначає трудомісткість наступних ремонтів);
- механічна і теплова напруженість конструктивних елементів;
- резервування найважливіших або найменш надійних елементів і інші заходи.

На стадії виготовлення надійність визначається вибором технології виробництва, дотриманням технологічних допусків, якістю обробки поверхонь, що сполучаються, якістю використовуваних матеріалів, ретельністю складання та регулювання.

На стадії проектування і виготовлення визначаються конструктивно-технологічні чинники, що впливають на надійність об'єкта. Дія цих факторів виявляється на стадії експлуатації об'єкта. Крім того, на даній стадії життєвого циклу об'єкта на його надійність впливають і експлуатаційні фактори.

Експлуатація робить вирішальний вплив на надійність об'єктів, особливо складних. Надійність об'єкта при експлуатації забезпечується шляхом:

- дотримання умов і режимів експлуатації (мастило, навантажувальні режими, температурні режими і ін.);
- проведення періодичних технічних обслуговувань з метою виявлення і усунення виникаючих несправностей і підтримки об'єкта в працездатному стані;
- систематичної діагностики стану об'єкта, виявлення і попередження відмов, зниження шкідливих наслідків відмов;
- проведення профілактичних відновлювальних ремонтів.

Основною причиною зниження надійності в процесі експлуатації є знос і старіння компонентів об'єкта. Знос призводить до зміни розмірів, порушення працездатності (через погіршення умов змащення, наприклад), поломок, зниження міцності і т.д. Старіння призводить до зміни фізико-механічних властивостей матеріалів, що тягне до відмови або несправності.

Умови експлуатації призначаються такими, щоб максимально знизити знос і старіння: наприклад, знос зростає в умовах дефіциту або низької якості мастила. Старіння зростає при виході температурних режимів за допустимі (наприклад, ущільнювальні прокладки, клапани і т.д.).

В період припрацювання тн надійність, в першу чергу, визначається конструктивно-технологічними факторами, що веде до підвищеної

інтенсивності відмов. В міру виявлення і усунення цих чинників надійність об'єкта наводиться до номінального рівня, який зберігається в тривалому періоді t_n нормальної експлуатації.

Протягом експлуатації в об'єкті накопичуються прояви зносу і втоми, інтенсивність яких зростає зі збільшенням терміну експлуатації об'єкта (зростаюча крива 2 на рис. 1.2). Настає період t_n інтенсивного зносу об'єкта, який закінчується його приходом в граничний стан і зняттям з експлуатації.

Щорічні витрати на експлуатацію характеризуються графіками.

5. Підтримка надійності об'єкта при експлуатації

Підтримання необхідного рівня надійності технічних об'єктів в процесі експлуатації здійснюється шляхом проведення комплексу організаційно-технічних заходів. Сюди входять періодичні технічні обслуговування, профілактичні та відновлювальні ремонти. Періодичні технічні обслуговування спрямовані на своєчасні регулювання, усунення причин відмов, раннє виявлення відмов.

Періодичні технічні обслуговування проводяться у встановлені терміни і в установленому обсязі. Завданням будь-якого ТО є перевірка контрольованих параметрів, регулювання в разі необхідності, виявлення і усунення несправностей, заміна елементів, передбачена експлуатаційної документації.

Порядок виконання нескладних робіт визначається інструкціями з технічного обслуговування, а порядок виконання складних робіт - технологічними картами.

В процесі технічних обслуговувань зазвичай здійснюється і діагностика стану експлуатованого об'єкта (в тому чи іншому обсязі).

Діагностика полягає в контролі стану об'єкта з метою виявлення і попередження відмов. Здійснюється діагностика за допомогою діагностичних засобів контролю, які можуть бути вбудованими і зовнішніми. Засоби дозволяють здійснювати безперервний контроль. За допомогою зовнішніх засобів здійснюється періодичний контроль.

В результаті діагностики виявляються відхилення параметрів об'єкта і причини цих відхилень. Визначається конкретне місце несправності. Вирішується задача прогнозування стану об'єкта і приймається рішення про його подальшу експлуатацію.

Об'єкт вважається працездатним, якщо його стан дозволяє йому виконувати покладені на нього функції. Якщо в процесі експлуатації характеристики об'єкта або його структура неприпустимо змінилися, то кажуть, що в об'єкті виникла несправність. Виникнення

несправності можна ототожнювати з втратою об'єктом працездатності. Однак в непрацездатному об'єкті завжди буде мати місце несправність.

Для відновлення показників надійності об'єкта при їх зниженні проводяться профілактичні та відновлювальні ремонти. Відновлювальні ремонти служать для відновлення працездатності об'єкта після відмови і підтримки заданого рівня його надійності шляхом заміни деталей і вузлів, які втратили свій рівень надійності або відмовили.

Кількість ремонтів визначається економічною доцільністю. Типова залежність ймовірності безвідмовної роботи об'єкта, що ремонтується від часу експлуатації.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть поняття якість, надійність, предмет, об'єкт надійності, загальна теорія надійності, прикладна теорія надійності.
2. Етапи розвитку теорії надійності.
3. Дайте визначення основних станів і подій в надійності.
4. Наведіть класифікацію відмов.
5. У чому полягає відмінність між відновлюваними і невідновлювальних виробами?

Лекція 2. Основні показники надійності

Час: 2 години

План:

1. Показники для оцінки безвідмовності
2. Показники для оцінки довговічності
3. Показники для оцінки зберігання
4. Показники для оцінки ремонтпридатності
5. Комплексні показники надійності

1. Показники для оцінки безвідмовності

Відповідно до ГОСТ 27.002 **надійність** - властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції.

Цей стандарт обумовлює як одиничні показники надійності, кожен з яких характеризує окрему сторону надійності (безвідмовність, довговічність, збереженість або ремонтпридатність), так і комплексні показники надійності, які характеризують одночасно кілька властивостей надійності.

Безвідмовність - властивість об'єкта безупинно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або напрацювання.

Під напрацюванням розуміється тривалість роботи машини, виражена:

- для машин в цілому - в часі (годинах);
- для автомобільного транспорту - в кілометрах пробігу автомобіля;
- для авіації - в годинах нальоту літака;
- для с / г техніки - в гектарах умовної оранки;
- для двигунів - в мотогодинах і т.д.

Для оцінки безвідмовності застосовують такі показники:

1. Імовірність безвідмовної роботи - імовірність того, що в межах заданої напрацювання відмова об'єкта не виникає.

Імовірність безвідмовної роботи змінюється від 0 до 1.

$$P(t) = 1 - \frac{n(t)}{N},$$

де N - число об'єктів, працездатних в початковий момент часу; $n(t)$ - число об'єктів, які відмовили на момент t від початку випробувань або експлуатації.

Імовірність безвідмовної роботи P об'єкта пов'язана з ймовірністю відмови F наступним співвідношенням:

$$P(t) = 1 - F(t).$$

Імовірність безвідмовної роботи зменшується зі збільшенням часу роботи або напрацювання об'єкта. Залежності ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ та ймовірності відмови $F(t)$ від напрацювання t представлені на рис. 1.5.

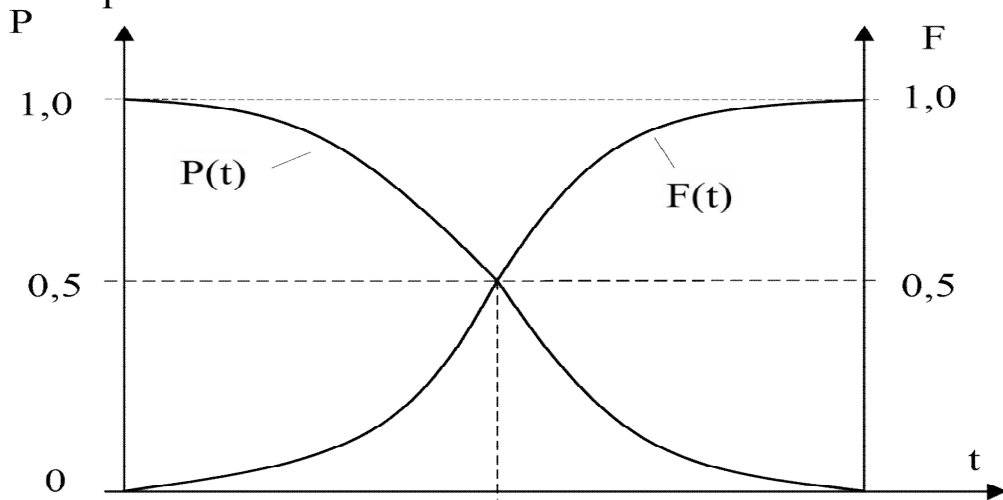


Рис. 2.1. Залежності ймовірності безвідмовної роботи та ймовірності відмови від напрацювання:

P - ймовірність безвідмовної роботи;

F - ймовірність відмови

В початковий момент часу для працездатного об'єкта ймовірність його безвідмовної роботи дорівнює одиниці (100%). У міру роботи об'єкта ця ймовірність знижується і наближається до нуля. Імовірність виникнення відмови об'єкта, навпаки, зростає зі збільшенням терміну експлуатації або напрацювання.

2. *Середнє напрацювання до відмови (середній час безвідмовної роботи) і середнє напрацювання на відмову.*

Середнє напрацювання до відмови - математичне очікування напрацювання об'єкта до першої відмови. Цей показник часто називають середнім часом безвідмовної роботи.

$$T_o = \int_0^{\infty} P(t) dt = \frac{\sum_{i=1}^n t_{oi}}{N},$$

де t_i - напрацювання до відмови i -го об'єкта; N - число об'єктів.

Середнє напрацювання на відмову - математичне очікування часу між сусідніми відмовами об'єкта.

3. *Щільність ймовірності відмови (частота відмов)* - відношення числа відмовили виробів на одиницю часу до первісного числа що

знаходяться під наглядом за умови, що відмовили вироби відновлюються і замінюються новими.

$$f(t) = \frac{n(\Delta t)}{N \cdot \Delta t},$$

де $n(\Delta t)$ - число відмов в розглянутому інтервалі напрацювання; N - загальне число виробів, які перебувають під наглядом; Δt - величина розглянутого інтервалу напрацювання.

4. *Інтенсивність відмов* - умовна щільність ймовірності виникнення відмови об'єкта, що визначається за умови, що до розглянутого моменту часу відмова не виник.

Інакше кажучи, це відношення числа відмовили виробів на одиницю часу до середнього числа працюючих безвідмовно за даний проміжок часу за умови, що відмовили вироби відновлюються і замінюються новими.

Інтенсивність відмов оцінюють за такою формулою:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t},$$

де $f(t)$ - частота відмов; $P(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи; $n(\Delta t)$ - число відмовили виробів за час від t до $t + \Delta t$; Δt - розглядаються інтервал напрацювання; N_{cp} - середнє число безвідмовно працюють виробів:

$$N_{cp} = \frac{N(t) + N(t + \Delta t)}{2},$$

де $N(t)$ - число безвідмовно працюють виробів на початку розглянутого інтервалу напрацювання; $N(t + \Delta t)$ - число безвідмовно працюють виробів в кінці інтервалу напрацювання.

2. Показники для оцінки довговічності

Довговічність - властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

Довговічність машин закладається при їх проектуванні і конструюванні, забезпечується в процесі виробництва і підтримується в процесі експлуатації.

Ресурс - напрацювання машини від початку експлуатації або її відновлення після ремонту до граничного стану.

Термін служби - календарна тривалість експлуатації машини від початку її експлуатації або відновлення після ремонту, до настання граничного стану.

Для оцінки довговічності застосовують такі показники:

1. *Середній ресурс* - математичне очікування ресурсу

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi}}{N},$$

де t_{pi} - ресурс i -го об'єкта; N - число об'єктів.

2. *Гамма-процентний ресурс* - напрацювання, протягом якої об'єкт не досягне граничного стану із заданою ймовірністю, вираженою у відсотках.

Для розрахунку показника використовується формула ймовірності

$$P(T_p) = \frac{\gamma}{100}.$$

3. *Середній термін служби* - математичне очікування терміну служби

$$T_{ci} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{cxi}}{N},$$

де t_{cxi} - термін служби i -го об'єкта.

4. *Гамма-процентний термін служби* - календарна тривалість експлуатації, протягом якої об'єкт не досягає граничного стану з ймовірністю γ , вираженою у відсотках.

3. Показники для оцінки зберігання

Збереженість - властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати необхідні функції, протягом і після зберігання та (або) транспортування.

Для оцінки зберігання застосовують такі показники:

1. *Середній термін зберігання* - математичне очікування терміну зберігання об'єкта.

2. *Гамма-процентний термін зберігання* - календарна тривалість зберігання і (або) транспортування об'єкта, протягом і після якої показники безвідмовності, довговічності і ремонтпридатності об'єкта не вийдуть за встановлені межі з ймовірністю γ , вираженою у відсотках.

Показники зберігання по суті відповідають показникам довговічності і визначаються за тими ж формулами.

4. Показники для оцінки ремонтопридатності

Ремонтпридатність - властивість об'єкта, що полягає в його пристосованості до підтримання та відновлення працездатного стану шляхом технічного обслуговування і ремонту.

Час відновлення - це тривалість відновлення працездатного стану об'єкта.

Час відновлення дорівнює сумі часів, що витрачаються на пошук і усунення відмови, а також на проведення необхідних отладок і перевірок, щоб переконатися у відновленні працездатності об'єкта.

Для оцінки ремонтпридатності застосовують такі показники:

1. *Середній час відновлення* - математичне очікування часу відновлення об'єкта

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_{\text{в}i}}{N},$$

де $T_{\text{в}i}$ - час відновлення i -го відмови об'єкта; N - число відмов за заданий термін випробувань або експлуатації.

2. *Ймовірність відновлення працездатного стану* - ймовірність того, що час відновлення працездатного стану об'єкта не перевищить задане значення. Для більшості об'єктів машинобудування ймовірність відновлення підпорядковується експоненціальним законом розподілу

$$P_{\text{в}}(t) = e^{-\lambda \cdot t},$$

де λ - інтенсивність відмов (приймається постійною).

5. Комплексні показники надійності

Кожен з описаних вище показників дозволяє оцінити лише одну зі сторін надійності - одна з властивостей надійності об'єкта. Для більш повної оцінки надійності використовують комплексні показники, що дозволяють одночасно оцінити кілька найважливіших властивостей об'єкта.

1. *Коефіцієнт готовності K_g* - ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним в довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається.

$$K_z = \frac{T_o}{T_o + T_v},$$

де T_o - середнє значення напрацювання на відмову; T_v - середній час відновлення об'єкта після відмови.

2. *Коефіцієнт технічного використання* - відношення математичного очікування сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані за деякий період експлуатації до математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані і простоїв, обумовлених технічним обслуговуванням і ремонтом за той же період експлуатації.

$$K_{TH} = \frac{T_o}{T_o + T_P + T_{TO}},$$

де T_P , T_{TO} - сумарна тривалість простоїв машини в ремонті і технічному обслуговуванні.

Для автомобілів основними показниками *довговічності* є ресурс до заміни (до ремонту певного виду) або списання, гамма-процентний ресурс; основним показником *безвідмовності* - напрацювання на відмову певної групи складності (середній час безвідмовної роботи); основними показниками *ремонтпридатності* - питома трудомісткість технічного обслуговування, питома трудомісткість поточних ремонтів і питома сумарна трудомісткість технічного обслуговування і поточних ремонтів.

Питання для самоперевірки

1. Що являє собою крива зміни інтенсивності відмов у часі і крива зміни експлуатаційних витрат від напрацювання виробу в часі?

2. Дайте визначення основних показників надійності безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності і зберігання.

3. Дайте визначення показників для оцінки безвідмовності - ймовірності безвідмовної роботи та ймовірності відмови, параметра потоку відмов, середнього напрацювання на відмову, середнього напрацювання до відмови, гамма-процентний напрацювання до відмови, інтенсивності відмов. Які одиниці їх вимірювання?

4. Дайте визначення показників для оцінки довговічності - технічного ресурсу, терміну служби, гамма-процентного ресурсу і терміну служби. Які одиниці їх вимірювання?

5. Чим відрізняється технічний ресурс від терміну служби виробу?

6. Дайте визначення показників для оцінки зберігання - середнього і гамма-процентного термінів зберігання.

Лекція 3. Отримання інформації про надійність машин

Час: 2 години

План:

- 1.Отримання інформації про надійність машин
2. Нормування показників надійності

1.Отримання інформації про надійність машин

Для того щоб визначити надійність будь-якої машини, необхідно мати інформацію про відмови її деталей, вузлів, агрегатів і самої машини в цілому.

Збором інформації про відмови машин займаються:

- організації-розробники машини;
- підприємства-виробники машини;
- експлуатаційні і ремонтні підприємства.

Організації-розробники (проектні інститути) здійснюють збір і обробку інформації про надійність дослідних зразків машин шляхом проведення спеціальних випробувань.

Підприємства-виробники (машинобудівні заводи) здійснюють збір і обробку первинної інформації про надійність серійно виготовляється та аналіз причин відмов машин. Збір інформації вони ведуть на основі проведення спеціальних заводських і експлуатаційних випробувань.

Експлуатаційні та ремонтні організації збирають первинну інформацію про надійність машин в експлуатації.

Основним джерелом отримання інформації про надійність, особливо транспортних машин, є випробування.

На автомобільному транспорті розрізняють наступні види випробувань:

1. Заводські (ресурсні) випробування - випробування дослідних або перших серійних зразків. Ці випробування бувають:

- а) обробні;
- б) на придатність до серійного виробництва;
- в) контрольні;
- г) приймально-здавальні;
- д) дослідні.

Мета обробних випробувань - оцінити вплив на надійність змін, що вносяться при доведенні конструкції і технології виробництва.

Випробування на придатність до серійного виробництва визначають допустимість до серійного виробництва автомобілів по їх надійності.

Контрольними випробуваннями перевіряють забезпечення встановлених норм надійності серійно випускаються.

Приймально-здавальні випробування визначають відповідність даної партії автомобілів вимогам технічних умов і можливість її приймання.

Мета дослідних випробувань - визначити межу витривалості автомобілів, встановити закон розподілу ресурсів, вивчити динаміку процесу зношування, порівняти ресурси автомобілів.

За характером проведення заводські випробування діляться:

- на стендові; - полігонні; - дорожні.

Стендові випробування проводяться на спеціальних стендах, що дозволяють імітувати різні умови випробувань.

Полігонні - це випробування автомобілів на спеціальних полігонах, що мають дороги з різними характеристиками.

Дорожні випробування проводяться, як правило, в реальних умовах експлуатації, але в різних кліматичних зонах.

2. *Експлуатаційні випробування* - випробування серійних автомобілів в реальних умовах експлуатації. Це в основному дорожні випробування. Мета їх - отримання достовірних даних про експлуатаційної надійності автомобілів на основі систематичних спостережень.

Більшість експлуатаційних випробувань проводяться на спеціальних автотранспортних підприємствах, розташованих в різних кліматичних зонах. Ці випробування дають найбільш об'єктивну інформацію про надійність автомобіля.

Збір інформації здійснюється на підконтрольних партіях автомобілів. При цьому фіксуються не тільки відмови і несправності, а й різні види впливів на автомобіль (технічне обслуговування, поточний ремонт); умови експлуатації автомобілів (вантаж, що перевозиться, довжина їздець, відсоток руху на різних типах доріг). Зібрана таким чином інформація безпосередньо обробляється на підприємстві або відправляється на заводи-виробники у вигляді спеціальних довідок-запитів, які піддаються аналізу, систематизації та статистичної обробки.

Всі види випробувань за тривалістю підрозділяються:

- на нормальні (повні);
- прискорені;

- скорочені (незавершені).

Нормальні (повні) випробування ведуться до відмови всіх досліджуваних автомобілів (вузлів, агрегатів), поставлених на випробування. Дані випробування представляють собою повну вибірку.

Прискорені - ведуться до тих пір, поки кожен з N автомобілів, поставлених на випробування, досягає заздалегідь обумовленої величини напрацювання або до відмови певної кількості n автомобілів ($n < N$).

Скорочені (незавершені) випробування - це випробування, коли до моменту припинення спостережень n з N автомобілів, поставлених на випробування, відмовили, а решта - працездатні і мають різну напрацювання.

Вимоги до інформації

Збір інформації про надійність машин проводять відповідно до вимог галузевої нормативно-технічної документації.

Інформація про надійність машин повинна відповідати таким вимогам:

1) повнота інформації, під якою розуміється наявність всіх відомостей, необхідних для проведення оцінки та аналізу надійності;

2) достовірність інформації, тобто всі повідомлення про відмови повинні бути точними;

3) своєчасність інформації дозволяє швидше усувати причини відмов і вживати заходів щодо усунення виявлених недоліків;

4) безперервність інформації дозволяє зіставляти результати розрахунків, отримані в перший і наступний періоди експлуатації та позбавляє від помилок.

2. Нормування показників надійності

З метою створення високонадійних об'єктів необхідно нормування надійності - встановлення номенклатури і кількісних значень основних показників надійності елементів об'єкта.

Номенклатуру показників надійності вибирають в залежності від класу виробів, режимів експлуатації, характеру відмов і їх наслідків. Вибір показників надійності може визначатися замовником.

Всі вироби поділяються на такі класи:

- неремонтуємих і невідновлювані вироби загального призначення. Складові частини виробів, невідновлювані на місці експлуатації і не підлягають ремонту (наприклад, підшипники, шланги, тонери, кріпильні деталі, радіодеталі і ін.), А також

невідновлювані вироби самостійного функціонального призначення (наприклад, електричні лампи, контрольні прилади та ін.);

- відновлювані вироби, які піддаються плановим технічним обслуговуванням, поточного та середнього ремонту, а також вироби, що піддаються капітальному ремонту;

- вироби, призначені для виконання короткочасних разових або періодичних завдань.

Таблиця 1.2

Класи надійності

Клас надійності	0	1	2	3	4	5
Допустиме значення $P(t)$	$< 0,9$	$\geq 0,9$	$\geq 0,99$	$\geq 0,999$	$\geq 0,9999$	1

У нульовий клас входять маловідповідальні деталі і вузли, відмова яких залишається практично без наслідків. Для них хорошим показником надійності може бути середній термін служби, напрацювання на відмову або параметр потоку відмов.

Класи з першого по четвертий характеризуються підвищеними вимогами до безвідмовної роботи (номер класу відповідає числу дев'яток після коми). У п'ятий клас включаються високонадійні вироби, відмова яких в заданий період неприпустима.

В автомобілебудуванні зазвичай задаються значення коефіцієнта готовності K_g , середній час перебування в працездатному стані T_p , напрацювання до першої відмови і середнє напрацювання на відмову.

Для транспортних машин дуже важливо виявити і кількісно оцінити відмови, які впливають на безпеку їх роботи. За американською методикою FMESCA безпеку системи оцінюється ймовірністю безвідмовної роботи з урахуванням двох паралельних показників: категорії наслідків і рівня небезпеки.

Категорія наслідків оцінює ступінь серйозності тих наслідків, до яких може привести відмова:

I клас - відмова не призводить до травмування персоналу;

II клас - відмова призводить до травмування персоналу;

III клас - відмова призводить до серйозної травми або смерті;

IV клас - відмова призводить до серйозних травм або смерті групи людей.

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення показників для оцінки ремонтпридатності - часу відновлення і середнього часу відновлення працездатності, вірогідності відновлення працездатності в задані терміни, інтенсивності відновлення.
2. Дайте визначення комплексних показників надійності - коефіцієнта технічного використання, коефіцієнта готовності.
3. Перерахуйте основні види випробувань технічних об'єктів.
4. Основні вимоги, що пред'являються до інформації про надійність машин.
5. Перерахуйте основні методи нормування показників надійності.
6. Поясніть градацію виробів за класами надійності.
7. Що таке категорія наслідків відмов?
8. Що таке рівень небезпеки відмов?

Лекція 4. ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Час: 2 години

План:

1. Особливості складних систем
2. Структура складних систем
3. Резервування

1. Особливості складних систем

Під складною системою розуміється об'єкт, призначений для виконання заданих функцій, який може бути розчленований на елементи, кожен з яких також виконує певні функції і знаходиться у взаємодії з іншими елементами системи.

Поняття складної системи умовно. Воно може застосовуватися як до окремих вузлів і механізмів (двигун, система подачі палива до двигуна), так і до самої машини (верстат, трактор, автомобіль, літак).

1. *Складна машина складається з великої кількості елементів, кожен з яких має свої характеристики надійності.*

Приклад: автомобіль складається з 15-18 тис. деталей, кожна з яких має свої характеристики надійності.

2. *Не всі елементи однаково впливають на надійність машини.* Багато з них впливають лише на ефективність її роботи, а не на її відмову. Ступінь впливу кожного елемента на надійність машини залежить від багатьох факторів, таких як: призначення елемента, характер взаємодії елемента з іншими елементами машини, структура машини, вид з'єднань елементів між собою.

Наприклад: несправність системи харчування автомобіля може викликати перевитрата палива, тобто несправність, а відмова системи запалювання може привести до відмови всього автомобіля.

3. *Кожен екземпляр складної машини має індивідуальні риси,* тому що незначні варіації властивостей окремих елементів машини позначаються на вихідних параметрах самої машини. Чим складніше машина, тим більшими індивідуальними особливостями вона володіє.

Елементи складної машини

При аналізі надійності складних машин їх розбивають на елементи (ланки) з тим, щоб спочатку розглянути параметри і характеристики елементів, а потім оцінити працездатність всієї машини.

Теоретично будь-яку складну машину можна умовно розділити на велике число елементів, розуміючи під елементом вузол, агрегат або деталь.

Під елементом будемо розуміти складову частину складної машини, яка може характеризуватися самостійними вхідними та вихідними параметрами.

Класифікація елементів

При аналізі надійності складного виробу всі його елементи і деталі доцільно розділити на наступні групи:

1. Елементи, працездатність яких за термін служби практично не змінюється. Для автомобіля це його рама, корпусні деталі, малонавантажених елементи з великим запасом міцності.

2. Елементи, працездатність яких змінюється протягом терміну служби машини. Ці елементи, в свою чергу, поділяються на:

2.1. Не лімітують надійність машини. Термін служби таких елементів можна порівняти з терміном служби самої машини.

2.2. Лімітуючу надійність машини. Термін служби таких елементів менше терміну служби машини.

2.3. Критичну по надійності. Термін служби таких елементів не дуже великий, від 1 до 20% терміну служби самої машини.

Стосовно до автомобіля кількість цих елементів розподіляється наступним чином (табл. 2.1).

Класифікація елементів машин

Номер елемента за класифікацію	Група деталей	Кількість	
		тис.шт.	%
1	Практично не змінюють свою працездатність	8–9	50–53
2	Міняють свою працездатність	7–9	47–50
2.1	Не лімітують надійність	4–5	27–28
2.2	Лімітують надійність	2,5–3,5	18–19
2.3	Критична по надійності	0,3–0,5	2–4

2. Структура складних систем

З позицій теорії надійності можуть бути наступні структури складних машин (рис. 4.1):

1) розчленовані - у яких надійність окремих елементів може бути заздалегідь визначена, так як відмова елемента можна розглядати як незалежне подія;

2) пов'язані - у яких відмова елементів є залежним подією, пов'язаною зі зміною вихідних параметрів всієї машини;

3) комбіновані - складаються з підсистем зі пов'язаної структурою і з незалежним формуванням показників надійності для кожної з підсистем.

Для транспортної машини як складної системи характерна комбінована структура, коли надійність окремих підсистем (агрегатів, вузлів) може розглядатися незалежно.

З'єднання елементів у складній машині може бути послідовним, паралельним і змішаним (комбінованим).

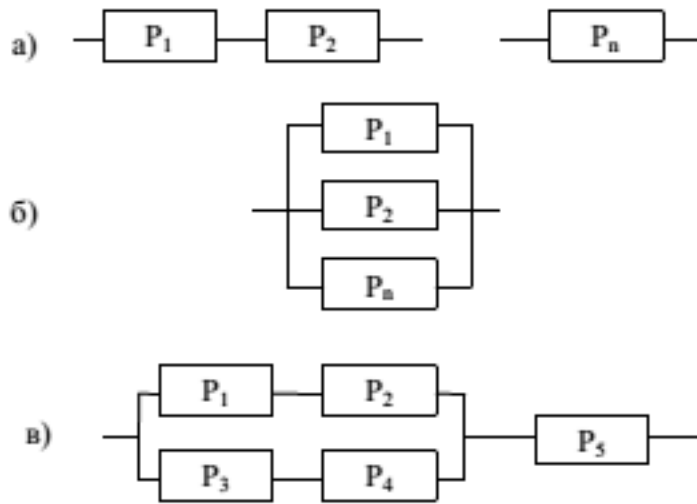


Рис. 4.1. Схема з'єднання елементів:
 а) послідовне; б) паралельне; в) змішане; P_i –
 верогідність безвідмовної роботи i -го елемента

Розрахунок надійності системи при послідовному з'єднанні її елементів

Імовірність безвідмовної роботи системи з послідовним з'єднанням елементів

$$P(t) = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n = \prod_{i=1}^n P_i .$$

З формули видно, що навіть якщо складна машина складається з елементів високої надійності, то в цілому вона має низьку надійність за рахунок наявності великої кількості елементів в її конструкції, з'єднаних послідовно.

В конструкції автомобіля має місце в основному послідовне з'єднання елементів. У цьому випадку відмова будь-якого елемента викликає відмова самого автомобіля.

Приклад розрахунку з області автомобільного транспорту: в агрегаті автомобіля, що складається з чотирьох послідовно з'єднаних елементів, ймовірність безвідмовної роботи елементів за певну напруцювання становить $P_1 = 0,98$; $P_2 = 0,65$; $P_3 = 0,88$ і $P_4 = 0,57$. У цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи за ту ж напруцювання всього агрегату дорівнює $P_c = 0,98 \cdot 0,65 \cdot 0,88 \cdot 0,57 = 0,32$, тобто дуже і дуже низька.

Іншими словами, надійність автомобіля з послідовно з'єднаними елементами нижче надійності найслабшого його ланки. Тому при ускладненні конструкції автомобіля, його агрегатів і систем, одним з

проявів якого є збільшення числа елементів в системі, вимоги до надійності кожного елемента і їх равнопрочності різко зростають.

Розрахунок надійності системи при паралельному з'єднанні її елементів

При паралельному з'єднанні елементів ймовірність безвідмовної роботи системи

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i).$$

Наприклад: якщо ймовірність безвідмовної роботи кожного елемента $P = 0,9$, а кількість елементів дорівнює трьом ($n = 3$), то $P(t) = 1 - (0,1)^3 = 0,999$. Таким чином, ймовірність безвідмовної роботи системи різко підвищується і стає можливим створення надійних систем з ненадійних елементів.

Паралельне з'єднання елементів в складних системах підвищує її надійність.

3. Резервування

Для підвищення надійності складних систем часто застосовують структурне резервування, тобто введення в структуру об'єкта додаткових елементів, що виконують функції основних елементів в разі їх відмови.

Класифікація резервування

Класифікація різних способів резервування здійснюється за такими ознаками:

1. За схемою включення резерву:

1.1. **Загальне резервування**, при якому резервується об'єкт в цілому.

1.2. **Роздільне резервування**, при якому резервуються окремі елементи або їх групи.

1.3. **Змішане резервування**, при якому різні види резервування поєднуються в одному об'єкті.

2. За способом включення резерву:

2.1. **Постійне резервування** - без перебудови структури об'єкта при виникненні відмови його елемента.

2.2. **Динамічне резервування**, при якому при відмові елемента відбувається перебудова структури схеми. У свою чергу воно поділяється:

- на резервування заміщенням, при якому функції основного елемента передаються резервному тільки після відмови основного;
- ковзуюче резервування, при якому кілька основних елементів резервується одним або декількома резервними, кожен з яких може замінити будь-який основний (тобто групи основних і резервних елементів ідентичні).

3. За станом резерву:

3.1. Навантажене (гаряче) резервування, при якому резервні елементи (або один з них) постійно приєднані до основних і знаходяться в однаковому з ними режимі роботи; воно застосовується тоді, коли не допускається переривання функціонування системи під час перемикання елемента, що відмовив на резервний.

3.2. Полегшене резервування, при якому резервні елементи (принаймні один з них) знаходяться в менш навантаженому режимі порівняно з основними, і ймовірність їх відмови в цей період мала.

3.3. Ненавантажено (холодне) резервування, при якому резервні елементи до початку виконання ними функцій знаходяться в ненавантаженому режимі. В цьому випадку для включення резерву необхідно відповідне пристрій. Відмова ненавантажених резервних елементів до включення замість основного елемента неможлива.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть поняття складної системи і її особливості з позицій надійності.
2. Перерахуйте чотири групи елементів складних систем.
3. Поясніть відмінності основних типів структур складних систем - розчленованих, пов'язаних і комбінованих.
4. Поясніть розрахунок схемної надійності складних систем при послідовному з'єднанні елементів.
5. Поясніть розрахунок схемної надійності складних систем при паралельному з'єднанні елементів.
6. Поясніть термін структурного резервування.
7. Перерахуйте види резервування в залежності від схеми включення резерву.
8. Перелічіть види резервування в залежності від способу включення резерву.
9. Перерахуйте види резервування в залежності від стану резерву.

Лекція 5. ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА

Час: 2 години

План:

1. Основні поняття технічної діагностики
2. Завдання технічної діагностики
3. Вибір діагностичних параметрів
4. Закономірності зміни параметрів стану в процесі експлуатації машин

1. Основні поняття технічної діагностики

Діагностика- це галузь науки, яка вивчає різний стан технічного об'єкта, має методики визначення стану технічного об'єкта в даний момент часу, оцінку стану в минулому і майбутньому.

Технічний стан машини (вузла, агрегату) оцінюється параметрами, які поділяються на структурні і діагностичні.

Структурний параметр - фізична величина, безпосередньо характеризує технічний стан (працездатність) машини (наприклад, розміри сполучених деталей і зазори між ними); її визначають прямими вимірами.

Діагностичний параметр - фізична величина, побічно характеризує стан машини (наприклад, кількість прориваються в картер газів, потужність двигуна, угар масла, стуки і т.д.); її контролюють за допомогою засобів діагностики. Діагностичні параметри відображають зміну структурних.

Між структурними і відповідними їм діагностичними параметрами існує певна кількісний зв'язок. Наприклад, величина зазорів в сполученнях циліндропоршневих груп (ЦПГ) діагностується за кількістю газів, які прориваються в картер, і чаду картерного масла; величина зазорів в підшипниках колінчастого вала - по тиску в масляній магістралі; ступінь розрідженості акумуляторної батареї - по щільності електроліту.

Кількісною мірою параметрів стану (структурних і діагностичних) є їх значення, які можуть бути номінальними, допустимими, граничними і поточними (рис. 3.1).

Номінальне значення параметра відповідає значенню, яке встановлено розрахунком, і гарантується виробником згідно з технічними умовами. Номінальне значення спостерігається у нових і капітально відремонтованих складових частин.

Допустиме значення (відхилення) параметра - граничне його значення, при якому складову частину машини після контролю

допускають до експлуатації без операцій технічного обслуговування або ремонту. Це значення призводять до технічної документації на обслуговування і ремонт машин. При допустимому значенні параметра складова частина машини надійно працює до наступного планового контролю.

Граничне значення параметра - найбільше або найменше значення параметра, яке може мати працездатна складова частина. При цьому подальша експлуатація складової частини або машини в цілому без проведення ремонту неприпустима через різке збільшення інтенсивності зношування сполучень, надмірного зниження економічності машини або порушення вимог безпеки.

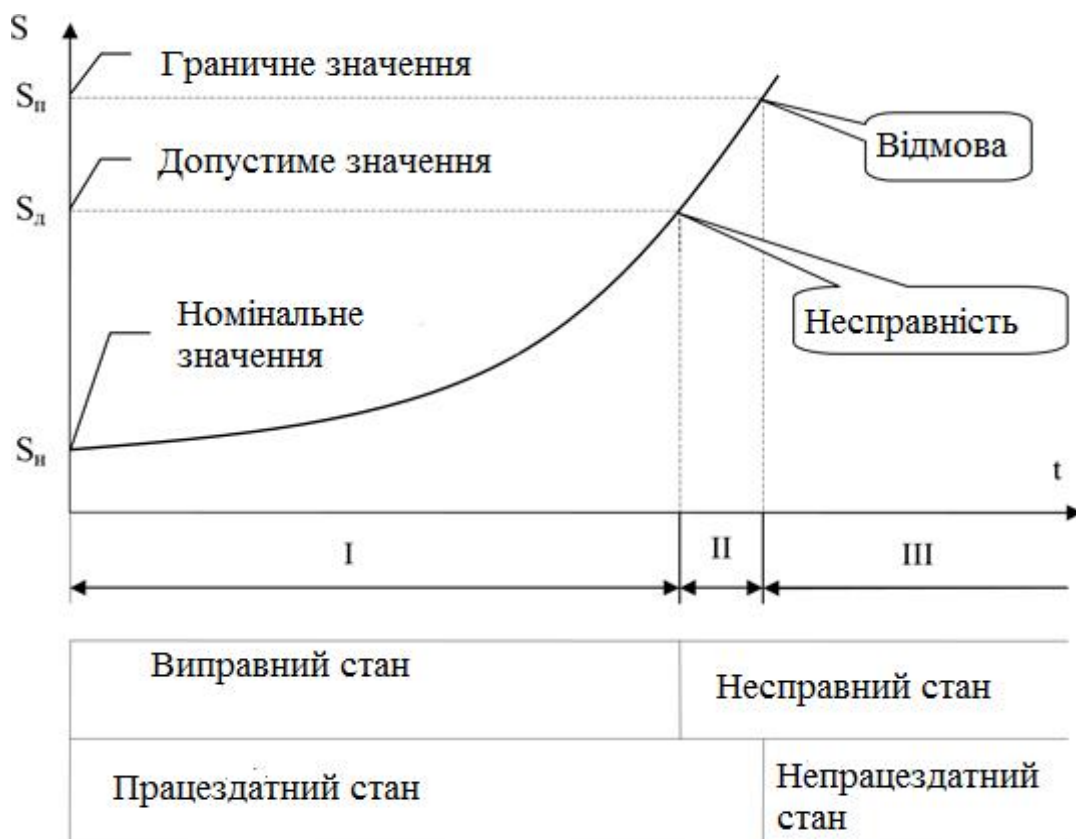


Рис 5.1. Визначення понять номінальне, допустиме, граничне значення параметра: I - працездатне і справний стан; II - передвідмовне (працездатне, але несправне) стан; III - непрацездатний (відповідно несправне) стан

Поточне значення параметра - значення параметра в кожен конкретний момент часу.

Граничні значення параметрів стану в залежності від того, на підставі яких критеріїв (ознак) вони встановлюються, діляться на три групи:

- технічні;

- техніко-економічні;
- технологічні (якісні).

Технічні критерії (ознаки) характеризують граничний стан складових частин, коли вони не можуть більше виконувати свої функції через технічні причини (наприклад, граничне збільшення кроку ланцюга понад 40% номінального значення призводить до її прослизання на зірочках і спадання) або коли подальша експлуатація об'єкта призведе до аварійного відмови (наприклад, робота при граничному тиску масла в магістралі призводить до виходу дизеля з ладу).

Техніко-економічні критерії, що характеризують граничний стан, вказують на зниження ефективності використання об'єкта внаслідок зміни технічного стану (наприклад, при граничному зносі ЦПГ чад картерної масла збільшується більш ніж на 3,5%, що вказує на недоцільність роботи на такому двигуні).

Технологічні критерії характеризують різке погіршення якості виконання робіт з причини граничного стану робочих органів машин.

За обсягом і характером інформації діагностичні параметри діляться:

- а) на загальні (інтегральні);
- б) поелементні.

Загальні параметри - це параметри, що характеризують технічний стан об'єкта в цілому. Вони в більшості випадків не дають відомостей про конкретну несправність машини.

Стосовно до автомобільного транспорту до них відносяться: потужність на ведучих колесах, потужність двигуна, витрата палива, гальмівний шлях, вібрація, шум і т.д.

Поелементні параметри - це параметри, які вказують на цілком конкретну несправність вузла або механізму машини.

2. Завдання технічної діагностики

Основними завданнями технічного діагностування є:

- встановлення виду та обсягу робіт по ТО машини після виконання нею певного напрацювання;
- визначення залишкового ресурсу машини і ступеня її готовності до виконання механізованих робіт;
- здійснення контролю якості профілактичних операцій при проведенні ТО;

- виявлення причин і характеру несправностей, що виникають в процесі використання машини.

Головним завданням технічної діагностики є визначення технічного стану об'єкта (машини) в необхідний момент часу. При вирішенні цього завдання, в залежності від моменту часу, при якому потрібно визначити технічний стан машини, розрізняють три взаємопов'язаних і доповнюючих один одного напрямки:

- технічна діагностика, тобто визначення технічного стану машини, в якому вона знаходиться зараз;

- технічна прогностика, тобто наукове передбачення технічного стану машини, в якому вона виявиться в деякий майбутній момент;

- технічна генетика, тобто визначення технічного стану машини, в якому вона перебувала в певний момент часу в минулому (в технічній літературі часто замість терміна «технічна генетика» використовується термін «ретроспекція»).

Впровадження технічної діагностики дозволяє:

- зберегти оптимальні робочі характеристики машини протягом усього терміну служби;

- в 2 ... 2,5 рази знизити простої автомобілів та інших машин через технічні несправності за рахунок попередження відмов; в 1,3 ... 1,5 рази збільшити міжремонтний напрацювання складальних одиниць і агрегатів машин;

- ліквідувати передчасні розбирання агрегатів і вузлів і тим самим зменшити інтенсивність зношування деталей, сполучень;

- повністю використовувати міжремонтний ресурс машин, їх вузлів і агрегатів, що забезпечить різке скорочення витрат запасних частин;

- визначити якість ТО і ремонту машини без її розбирання; - зменшити витрату палива і коштів на утримання техніки.

3. Вибір діагностичних параметрів

Вибір діагностичних параметрів здійснюють, як правило, на стадії проектування діагностичної системи, коли відомий об'єкт діагностування і необхідне рішення, за якими параметрами доцільно оцінювати зміна його технічного стану в експлуатації.

З метою обґрунтованого вибору діагностичних параметрів системи попередньо встановлюють характер їх зв'язків з параметрами технічного стану (рис. 3.2).

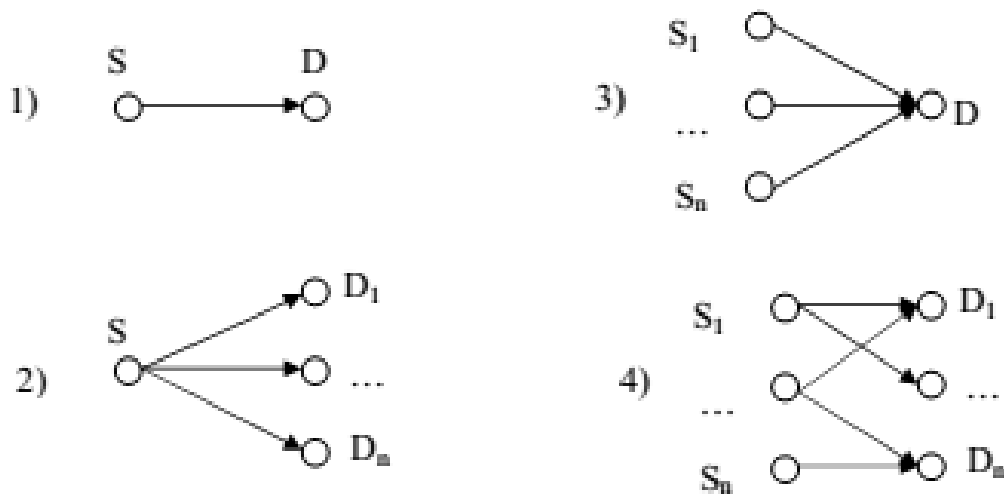


Рис. 5.2. Форми зв'язків структурних і діагностичних параметрів: 1 - одиничні; 2 - множинні; 3 - невизначені; 4 - змішані (комбіновані)

Діагностичними можуть бути параметри, які відносяться до 1-ї та (або) 2-й групи. Параметри 3-ї і 4-ї груп не відповідають умові однозначності і можуть бути використані тільки в якості інтегральних діагностичних показників.

Діагностичні параметри повинні мати наступні властивості (задовольняти основним вимогам):

1) Однозначність. Передбачає дотримання умови, коли кожному значенню структурного або функціонального параметра відповідає одне-єдине значення діагностичного параметра.

2) Стабільність. Встановлює можливу величину відхилення діагностичного параметра від свого середнього значення, що характеризує розсіювання параметра при незмінних значеннях структурних параметрів і умов їх вимірювання. Чим менше розсіювання, тим вище стабільність. Відбувається це в основному через помилку методу діагностування. Нестабільність діагностичного параметра знижує вірогідність оцінки об'єкта діагностики.

3) Чутливість. Чутливість діагностичного параметра характеризується співвідношенням (рис. 5.3), де D_{npi} , D_{ni} – номінальне і максимальне значення діагностичного параметра; S_{npi} , S_{ni} – номінальне і максимальне значення структурного параметра.

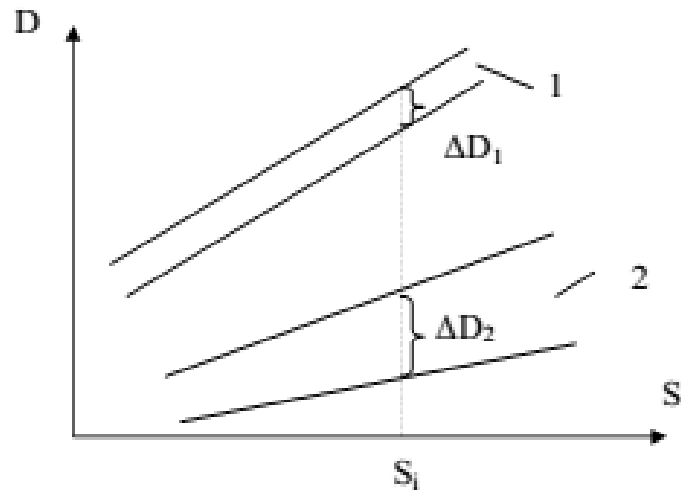


Рис. 5.3. Потреба в чуйності до діагностичних параметраів:
 1– більш чутливий діагностичний параметр;
 2 - менш чутливий діагностичний параметр

На рис. 5.3 діагностичний параметр № 1 більш чутливий, ніж діагностичний параметр № 2, тому що приріст першого діагностичного параметра (ΔD_1) більше, ніж приріст другого (ΔD_2) при одному і тому ж зміні структурного параметра ΔS . Властивість чутливості є важливим для оцінки якості діагностичного параметра і служить одним з основних критеріїв при виборі найбільш ефективного методу діагностування.

4) Інформативність. Оцінюється кількістю інформації про технічний стан об'єкта, яке містить цей параметр:

$$I_i = H(S) - H_i,$$

де H_i - ентропія системи після проведення технічного діагностування;
 $H(S)$ - повна ентропія системи.

$$H(S) = -\sum P_j \log P_j,$$

де P_j - імовірність виникнення в машині j -й несправності, виявленої за допомогою діагностування.

Чим більше інформації про технічний стан системи міститься в діагностичному параметрі, тим менше буде ентропія системи H_i після діагностування, і отже, тим більше буде інформативність діагностичного параметра I_i .

5) Технологічність. Можливість вимірювання вихідного параметра з мінімальними витратами праці і коштів. Технологічність визначається зручністю підключення діагностичної апаратури, простотою вимірювання і обробки результатів вимірювання. Характеризується трудомісткістю і вартістю діагностування.

4. Закономірності зміни параметрів стану в процесі експлуатації машин

В процесі експлуатації параметри технічного стану машин (а отже, і діагностичні параметри) змінюються відповідно до певними закономірностями. Характер цих закономірностей залежить від експлуатаційних факторів: режимів роботи механізмів, кліматичних умов, дорожніх умов, індивідуальних особливостей водіїв, прийнятої системи технічного обслуговування і ремонтів, характеру процесів зношування елементів і т.д. Закономірності зміни параметрів технічного стану основних елементів машин, як правило, можна віднести до одного з трьох типів.

У загальному вигляді з достатньою для вирішення практичних завдань точністю криві зміни параметрів у часі можна описати виразом

$$Q = V \cdot t^{\alpha} + Q_0,$$

де Q_0 - початкове значення параметра; V - коефіцієнт, характеризуючий швидкість зміни параметра, що залежить від умов експлуатації та режимів роботи елемента; α - показник ступеня, що залежить від матеріалу, конструкції і геометричних параметрів елементів; при $\alpha = 1$ зміна параметра підпорядковується лінійній залежності, при $\alpha > 1$ швидкість зміни параметра прогресивно зростає, при $\alpha < 1$ - убуває.

За даними ГОСНИТИ, показник ступеня α для різних елементів машини наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнту α

Параметр	Значення α
Чад картерного масла	2,0
Ефективна потужність двигуна	0,8
Знос накладок гальм і дисків муфт зчеплення	1,0
Знос зубів шестерень механічних передач	1,5
Зазор між клапаном і коромислом механізму газорозподілу	1,0

Питання для самоперевірки

1. Що розуміють під технічним діагностуванням і які її основні цілі та завдання?
2. Які вимоги пред'являються до діагностичних параметрів? Поясніть вимоги однозначності, стабільності, чутливості, інформативності діагностичних параметрів.

Лекція 6. Методи і види діагностування

Час: 2 години

План:

1. Методи і види діагностування
2. Засоби діагностування
3. Класифікація датчиків

1. Методи і види діагностування

Методи діагностування поділяють на дві групи: *органолептичні* (суб'єктивні) і *інструментальні* (об'єктивні).

Органолептичні методи діагностування включають в себе перевірку на слух, оглядом, дотиком і нюхом.

На слух виявляють місця і характер ненормальних стукотів, шумів, перебоїв в роботі двигуна, місця збільшення зазору між клапанами і коромислами механізму газорозподілу, несправностей трансмісії і ходової системи (по скреготу, шуму і люфту), нещільності (по шуму проривається повітря).

Оглядом встановлюють місця підтікання масла, води, палива, колір відпрацьованих газів, димлення з сапуна, биття обертових частин, натяг ланцюгових передач.

Дотиком встановлюють місця і ступінь ненормального нагріву, биття, вібрації деталей, в'язкість, липкість рідини.

Нюхом визначають за характерним запахом відмова муфт зчеплення, текти бензину, електроліту, коротке замикання електропроводки.

Інструментальні, або об'єктивні, методи застосовують для вимірювання та контролю всіх параметрів технічного стану, використовуючи при цьому діагностичні засоби.

За фізичним принципом або процесом інструментальні методи діагностування діляться на енергетичні, пневмогідравлічні, теплові, віброакустичні, спектрографічні, оптичні та ін. Наприклад, в основі

енергетичного процесу лежать фізичні величини - сила, потужність; пневмогідравлічні - тиск; теплові - температура; віброакустичні - амплітуда коливань на певних частотах.

За характером вимірювання параметрів інструментальні методи діагностування машин підрозділяються на прямі і непрямі.

Прямі методи засновані на вимірі структурних параметрів технічного стану безпосередньо прямим виміром: зазорів в підшипниках, прогину ремінних і ланцюгових передач, розмірів деталей.

Непрямі методи засновані на визначенні параметрів технічного стану агрегатів машин по діагностичним (непрямим) параметрами. Вони ґрунтуються на вимірі значень безпосередньо фізичних величин, що характеризують технічний стан механізмів, систем і агрегатів машин: тиску, перепаду тиску, температури, перепаду температур в робочому тілі системи, витрати газу, палива, масла, параметрів вібрації складових частин машин, прискорення при розгоні двигуна .

Залежно від способу впливу на об'єкт діагностики розрізняють функціональний і тестове діагностування.

При *функціональному діагностуванні* всі завдання технічного діагностування вирішуються при роботі машини за призначенням. В цьому випадку машина виконує задані функції в звичайному режимі і на неї надходять тільки робочі впливи, передбачені алгоритмом функціонування самої машини.

При *тестовому діагностуванні* на машину подаються спеціально організовані тестові впливи, які надходять на машину від дослідника через органи управління машиною або (і) від контрольно-діагностичних засобів. Склад і послідовність подачі цих впливів вибираються з умови ефективності організації процесу діагностування.

Стосовно до автомобіля це можуть бути спеціальні впливи у вигляді завдання певного навантаження, певної швидкості руху або уповільнення, певної частоти обертання. Найчастіше ці тестові впливи задаються автомобілю при його випробуваннях на спеціальному діагностичному обладнанні (потужних або гальмівних стендах, спеціальних діагностичних приладах).

При діагностуванні автомобіля використовуються як тестові, так і функціональні режими. Так, наприклад, при перевірці працездатності гальм використовується режим екстреного гальмування, тобто тестовий режим, а при визначенні експлуатаційної витрати палива - режим нормального функціонування автомобіля (функціональний режим).

2. Засоби діагностування

Прийнято виділяти три основні групи засобів технічного вимірювання діагностичних параметрів, які класифікуються в залежності від їх виду (рис. 6.1).

В даний час широкий розвиток отримують вбудовані (бортові) засоби діагностування машин. Ці засоби дозволяють діагностувати машину в процесі експлуатації і підрозділяються на наступні групи:

- граничні автомати, припиняють роботу автомобіля (агрегату);
- індикатори постійної дії (стрілочні, світлові; наприклад, покажчик тиску масла в системі змащення двигуна) або періодичної дії (сигналізатори або прилади візуального спостереження, такі як датчик рівня гальмівної рідини);
- накопичувачі інформації з висновком на сигналізатори або з періодичним зніманням інформації для подальшої її обробки в стаціонарних умовах.

По можливості прийому інформації засоби діагностування поділяються на одноканальні і багатоканальні.

Заступенем універсальності засоби діагностування поділяються на універсальні і спеціалізовані.

Комбінація вбудованих і зовнішніх засобів діагностування дозволяє значно знизити ймовірність пропуску відмов і підвищити достовірність інформації.

Автоматизація процесів діагностування істотно покращує основні показники і характеристики систем діагностування. Зокрема, завдяки автоматизації вдається значно скоротити час на видачу діагнозу, знизити вимоги до кваліфікації операторів-діагностів, а в ряді випадків взагалі відмовитися від їхніх послуг, знизити трудомісткість операцій діагностування, поліпшити форму представлення результатів діагнозу і підвищити достовірність його постановки.

Всі прилади для виміру діагностичних параметрів можна умовно розділити на прилади трьох поколінь:

1. Прилади першого покоління виробляють фіксоване значення одного діагностичного параметра (прилади для виміру геометричних розмірів, температур, манометри, ел. прилади для виміру окремо взятих величин).

2. Прилади другого покоління (рис. 3.8) складаються з датчика, проміжного перетворювача і приладу.



Проміжний
перетворювач

Прилад

Рис. 6.1. Принципова схема приладу другого покоління

1. Прилади третього покоління (рис. 6.1.) мають в своєму складі кілька датчиків, які передають сигнал на підсилювач, потім на аналого-цифровий перетворювач і комп'ютер.

При вимірюванні неелектричних величин однієї з найбільш важливих завдань є перетворення всіх вимірюваних параметрів в уніфіковані електричні сигнали, що забезпечують найбільшу зручність при наступних вимірах, обробці і представленні інформації. Цю функцію здійснюють датчики. До числа вимірюваних при діагностуванні неелектричних величин відносять: лінійні і кутові переміщення, швидкості і прискорення, сили і крутний момент, тиску, витрати рідин і газів, температури, а також тимчасові інтервали.

До числа проміжних перетворювачів в першу чергу відносять електричні схеми, в які включають датчики. Всі датчики з параметричними первинними перетворювачами включають в спеціальні вимірювальні схеми (потенціометричні, мостові, автогенераторного), які здійснюють перетворення змін параметрів первинного перетворювача в зміни параметрів сигналу на виході схеми. Первинні генераторні перетворювачі деяких типів (наприклад, тахогенератори) і перетворювачі електричних величин (шунти, трансформатори струму та напруги) з'єднують безпосередньо без проміжного перетворення з приладами.

До приладів відносять всі засоби вимірювань, призначені для отримання інформації про вимірювану величину, в формі, зручній для сприйняття оператором. Прилади по способам зняття відліку ділять на прилади з візуальним відліком і реєструють. Перші за типом індикації можна розділити на прилади з відліком по шкалі (шкальні), з цифровим відліком (цифрові) і зі знаковим поданням інформації (дисплеї). Реєструючі прилади, в свою чергу, ділять на прилади з відкритою формою запису інформації (самописці), осцилографи, цифродрукуючі пристрої та прилади з прихованою формою запису інформації (дисківі накопичувачі).

3. Класифікація датчиків

За функціональним призначенням датчики поділяються на датчики - перетворювачі і порогові датчики.

За способом підключення до об'єкта діагностики датчики поділяються на легкознімні і вбудовані/

Датчики - перетворювачі забезпечують перетворення контрольованого параметра в величину, зручну для її передачі до вимірювальних і логічним системам контролю. Таке перетворення необхідно при контролі як електричних, так і неелектричних вихідних параметрів. Зазвичай контрольований параметр перетворюється в постійну напругу. В процесі перетворення інформація про величину контрольованого параметра не повинна губитися, тому найчастіше застосовується лінійне перетворення, коли вихідна постійна напруга датчика пропорційно величині контрольованого параметра. В цьому випадку датчик-перетворювач називається лінійним.

Граничним датчиком є такий пристрій, який самостійно оцінює контрольований параметр за принципом: "в нормі" - "не в нормі". Якщо контрольований параметр знаходиться в межах встановленого допуску, то граничний датчик видає сигнал одного потенціалу або знака. При виході контрольованого параметра за межі поля допуску видається сигнал іншого потенціалу або знака.

У найпростіших системах сигнал від датчика передається на реєструючі або індикаторні пристрої. Регістраційні - це стрілочні або цифрові покажчики, а індикаторні пристрої - це підсвічуються табло або звукові сигнали. Датчик - перетворювач в поєднанні з покажчиком є простий засіб вимірювання будь-якого параметра, в тому числі і діагностичного.

Граничні датчики, як правило, працюють в поєднанні з індикаторним пристроєм. Цю систему можна віднести до простих засобів діагностики, оскільки сам пороговий датчик здійснює допускового контроль відповідного параметра.

Легкознімні датчики приєднуються до об'єкта діагностики тільки на період проведення діагностичних операцій, а вбудовані - вбудовані в конструкцію об'єкта і є його невід'ємною частиною. Вбудовані датчики поділяються:

- на постійно працюють, тобто постійно дають інформацію про зміну контрольованого параметра;
- працюючі тільки в період проведення діагностування об'єкта.

Питання для самоперевірки

1. Що розуміють під технічним діагностуванням і які її основні цілі та завдання?

2. Які вимоги пред'являються до діагностичних параметрів? Поясніть вимоги однозначності, стабільності, чутливості, інформативності діагностичних параметрів.

Лекція 7. Комп'ютерна діагностика автомобіля

Час: 2 години

План:

1. Комп'ютерна діагностика автомобіля
2. Стандарти в автомобільній діагностиці
3. Загальні вимоги до засобів технічного діагностування

1. Комп'ютерна діагностика автомобіля

Комп'ютерна діагностика автомобіля - це комплексна перевірка електронних систем автомобіля на наявність наявних проблем і неполадок. Діагностика дозволяє оцінити реальний стан вузлів, деталей і блоків управління автомобіля, а також дати оцінку його технічного стану.

Сучасні електронні системи, призначені для керування вузлами і агрегатами автомобіля, оснащені так званими системами самодіагностики, які інформують водія про появу деяких несправностей. Так, наприклад, на приладовому щитку багатьох автомобілів є багатофункціональний індикатор - лампочка Check Engine (в старих моделях цю роль могли виконувати спеціальні світлодіоди, розташовані безпосередньо на пристроях управління), яка зазвичай спалахує при включенні запалення і гасне через деякий час після запуску двигуна. Якщо ж при самодіагностики виявляться несправні компоненти, то індикатор згасне. При виникненні деяких несправностей під час руху індикатор також загоряється; при одноразовій дрібній несправності він може згаснути, зберігши помилку в пам'яті для подальшого зчитування.

Комп'ютерна діагностика включає в себе послідовну перевірку більшості систем управління: двигуном, автоматичною трансмісією, АБС, подушками безпеки, круїз-контролем, пневмоподвеской, іммобілайзером.

Послідовність етапів комп'ютерної діагностики автомобілів наступна:

- 1) контроль поточних параметрів всіх систем;

- 2) читання і обнулення кодів несправностей;
- 3) перевірка працездатності механізмів;
- 4) обнулення сервісних періодів;
- 5) кодування блоків управління;
- 6) синхронізація імобілайзера і електронного блоку управління (ЕБУ) двигуна;
- 7) налагодження пневматичної підвіски;
- 8) виставлення робочих оборотів і ін.

Як пристрій для комп'ютерної діагностики застосовуються:

1) стаціонарні мотор-тестери - багатофункціональні пристрої всебічної автомобільної діагностики, в яких ОВО-Ісканер присутній як мала частина універсальної системи газоаналіза, вимірювання компресії, тиску палива, розрідження у впускному колекторі і ін. Природно, такі системи дуже дорогі;

2) спеціалізовані дилерські сканери (так звані універсальні дилерські прилади) - багатофункціональні цифрові пристрої, що є комбінацією мультиметра, осцилографа і мікрокомп'ютера із спеціалізованою базою (іноді на змінному картриджі для конкретної моделі автомобіля). Вони мають вузьку спеціалізацію по марці, моделі і модифікації автомобіля, що діагностується;

3) комп'ютерні тестові системи - є звичайний персональний комп'ютер, ноутбук або кишеньковий комп'ютер довільної конфігурації з відповідним програмним забезпеченням і діагностичним інтерфейсом, що є «посередником» між автомобілем і комп'ютером. В такому сполучному інтерфейсі варто програмований мікроконтролер з зашитими протоколами обміну, так що безпосередньо з'єднати систему OBD-II з комп'ютером неможливо.

2. Стандарти в автомобільній діагностиці

До 1994 року в світовій автомобільній промисловості застосовувалися різні системи, стандарти і протоколи для діагностики, які умовно можна назвати системами сімейства OBD-I (On Board Diagnostic). Процедура зчитування кодів систем OBD-I нагадувала азбуку Морзе: короткі імпульси (тривалістю 0,2 с) позначали одиниці, а довгі (1,2 с) - десятки; паузи між імпульсами усередині одного коду становили приблизно 0,3 с, а самі коди (якщо їх декілька) поділялися паузами 1,8 - 2 с. Коди діагностики OBD-I були двозначними (їх також називають «короткими» - на відміну від «довгих» п'ятизначних кодів розширеної діагностики пізніших систем). Для зчитування даних в цій

системі застосовувалися спеціальні дилерські сканери або незручна процедура активізації модуля, унікальна для кожної марки.

Разом з розширенням екологічного руху з 1996 р по вимогам Агентства по захисту навколишнього середовища Сполучених Штатів (US Environmental Protection Agency, US EPA) і завдяки зусиллям Асоціації інженерів автомобілебудування (Society of Automotive Engineers, SAE) в США були повсюдно впроваджені єдині стандарти самодіагностики, протоколів обміну даними, уніфіковані вимоги до діагностичних засобів і структурі кодів - OBD-II.

Початкова «екологічна спрямованість» OBD-II, з одного боку, обмежила можливості щодо його використання в діагностиці всього спектра несправностей, з іншого боку, визначила його широке поширення як в США, так і в інших країнах. У США застосування системи OBD-II і установка відповідної колодки діагностики обов'язкові з 1996 р (вимога поширюється як на автомобілі, вироблені в США, так і на автомобілі неамериканських марок, що продаються в США). На автомобілях Європи і Азії протоколи OBD-II також почали застосовуватися в 1996 р (на невеликій кількості марок / моделей), але особливо широко з 2001 р - для автомобілів з бензиновими двигунами (з прийняттям відповідного європейського стандарту EOBD) і з 2004 р - для автомобілів з дизельними двигунами. Проте стандарт OBD-II частково або повністю підтримується і в деяких автомобілях, випущених раніше.

Ознакою системи OBD-II є обов'язкова наявність в салоні автомобіля характерного 16-контактного діагностичного роз'єму. На жаль, сучасні системи, незважаючи на загальну стандартизацію, продовжують використовувати різні протоколи для зв'язку з модулем управління.

З введенням OBD-II стандарту з'явилася можливість користуватися універсальними OBD-II-сканерами.

Призначення всіх діагностичних систем - уніфіковане визначення несправностей в різних вузлах і агрегатах автомобіля для прийняття рішення про подальше ремонті. Але якщо в системах сімейства OBD-I було передбачено визначення несправностей обмеженого спектра (двигуна, подушок безпеки, гальмівної системи ABS і автоматичної коробки передач), то в OBD-II перелік діагностованих вузлів розширено (до перерахованого додалися також кліматична установка, іммобілайзер і різне додаткове обладнання). Крім того, значно збільшилася кількість діагностичних кодів (більше 3000).

Ускладнення систем і їх перенасиченість електронікою, в свою чергу, призвели до ускладнення власне методів діагностики несправностей, а вимоги до технічного персоналу і до якості застосовуваного діагностичного обладнання значно зросли.

3. Загальні вимоги до засобів технічного діагностування

Засоби технічного діагностування автомобілів, як правило, використовують на АТП і СТО в опалюваних приміщеннях при температурі навколишнього повітря (20 ± 10) °С, відносної вологості повітря (65 ± 15)% і атмосферному тиску (100 ± 4) кПа.

Засоби технічного діагностування повинні забезпечувати вимірювання діагностичних параметрів на всіх режимах роботи автомобіля, а також на режимах, обумовлених технологічними документами з діагностування.

Засоби технічного діагностування повинні забезпечувати діагностування об'єктів з мінімальною трудомісткістю, як правило, без їх розбирання. Для забезпечення безпосереднього вимірювання діагностичного параметра, а також для установки, кріплення і знімання діагностичної апаратури допускається часткове розбирання об'єкта, що діагностується.

Метрологічні характеристики засобів технічного діагностування повинні відповідати значенням, що забезпечує мінімальні експлуатаційні витрати на діагностування автомобілів. Класи точності засобів технічного діагностування або межі допустимих похибок на конкретні діагностичні параметри встановлюються в стандартах або в технічних умовах.

Засоби технічного діагностування повинні бути вібро-і удароміцними і витримувати без пошкоджень впливу вібрації і періодичних ударів. Після припинення зовнішніх впливів повинні зберігати свої характеристики в межах норм, встановлених нормативно-технічною документацією.

Маса переносних приладів не повинна перевищувати 25 кг. У разі перевищення зазначеної маси та виконання засобів технічного діагностування в моноблоці їх встановлюють на рухомих стійках, шафах або на візках.

Засоби технічного діагностування, що мають однаковий принцип роботи і призначені для вимірювання однотипних діагностичних параметрів, повинні бути уніфіковані.

Основним показником надійності засобів технічного діагностування є напрацювання на відмову, яку вибирають і ставлять в

нормативно-технічної документації з ряду 500, 600, 700, 800, 900, 1000 годин і далі через кожні 250 годин. Нормовані показники їх надійності встановлюються відповідно до діючих стандартів.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть основні типи закономірностей зміни параметрів технічного стану в процесі роботи машини.
2. Наведіть приклади класифікацію методів діагностування.
3. Наведіть класифікацію засобів діагностування.
4. Наведіть класифікацію датчиків.
5. Комп'ютерна діагностика автомобіля.
6. Стандарти в автомобільній діагностиці.
7. Перерахуйте загальні вимоги до засобів технічного діагностування.

Питання для проміжного контролю знань здобувачів вищої освіти

1. Основна термінологія виробничого процесу ремонту.
2. Яка структура технологічного процесу ремонту?
3. Відміна техпроцесу ремонту від техпроцесу загального машинобудування?
4. Технологічне обладнання та оснастка ремонту.
5. Які дані треба зафіксувати під час здавання в ремонт?
6. Яка технологія розбирання машин?
7. Характеристика забруднень об'єктів ремонту.
8. Мета і методи дефектації деталей та вузлів.
9. Які способи комплектування деталей в умовах ремонтного виробництва ?
10. Метод селективного комплектування.
11. Які особливості збирання з відремонтованих деталей?
12. Які інструменти та обладнання використовують при збірці?
13. Які причини викликають необхідність обкатки вузлів агрегатів і машин ?
14. Режим і тривалість обкатки агрегатів.
15. Які основні показники визначають під час випробування машин?
16. Документація на випробування машин.
17. Які вимоги ставляться до лакофарбових покриттів ?
18. З яких компонентів складаються лакофарбові матеріали ?

19. Види готових лакофарбових матеріалів.
20. Як підготувати поверхні до фарбування ?
21. Чому роблять покриття багатшаровими ?
22. Як роблять ґрунтування та шпаклювання поверхонь машин ?

Питання підсумкового контролю знань

1. Методи нанесення фарб.
2. Холодне та теплове сушіння покриттів.
3. Конвекційний і терморадіаційний способи сушіння.
4. Параметри контролю якості покриттів.
5. Прилади та обладнання для контролю якості покриттів.
6. Класифікація зварювання та наплавлення за фізичними, технічними, технологічними ознаками.
7. Які особливості техпроцесу зварювання ?
8. Типи флюсів та їх призначення.
9. Особливості і сфера застосування вібродугового наплавлення.
10. Які обладнання і матеріали застосовуються при газополум'яному напавленні ?
11. Режим процесу електродугового наплавлення.
12. Плазмовий струмінь і способи його стримання.
13. Які основні переваги і недоліки детонаційного напилювання ?
14. Яка сфера застосування гальванічних покриттів ?
15. Якими параметрами характеризується процес електролізу ?
16. Підготовка деталей до електролітичного нарощування.
17. Характеристика електролітів для залізнення та хромування.
18. Коли і як застосовують нікелювання та цінкування ?
19. Які полімерні матеріали прикладають у ремонтному виробництві ?
20. Нанесення полімерних покриттів газополум'яним способом.
21. Нанесення покриттів полімеру у псевдостиснутому шару.
22. Яка послідовність усунення тріщин у корпусних деталях із застосуванням полімерних матеріалів ?
23. На чому ґрунтується відновлення деталей пластичним деформуванням ?
24. Який техпроцес ремонту деталей при роздаванні ?
25. Відновлення деталей обтисканням.
26. Як застосовують витягування при ремонті деталей ?
27. Коли використовується осадження та вдавлювання ?
28. Використання термічної обробки при ремонті деталей.

29. Хіміко-термічна обробка деталей.
30. Зміцнення поверхонь деталей обкатуванням.
31. Зміцнення поверхонь деталей вигладжуванням.
32. Застосування вибронакатування при ремонті деталей.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти за 9-й семестр

Поточне тестування та самостійна робота										Сума	
Модуль №1								Модуль №2			
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T1	T2	T3	100
5	5	2	2	2	4	5	5	2	2	2	

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти за 10-й семестр

Поточне тестування та самостійна робота					Підсумковий іспит	Сума
Модуль 3			Модуль 4		40	100
T1	T2	T3	T1	T2		
10	10	5	15	10		

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти здійснюється за рейтинговою системою балів. Для забезпечення конкретної оцінки всіх видів роботи здобувача вищої освіти максимальна кількість залікових балів за кожний модуль приймається 100 з наступним перерахунком в загальну оцінку через коефіцієнт вагомості модуля. Оцінка виставляється у відповідності із приведеною шкалою.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D		
60-63	E	задовільно	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Література

Основна:

1. Сідашенко О. Т. Ремонт машин / О. Т. Сідашенко, О. А. Науменко. – К. : Урожай, 1994. – 400 с.
2. Лауш П. В. Техническое обслуживание и ремонт машин / П. В. Лауш. – К: Вища школа, 1989. – 351 с.
3. Сідашенко А. М. Практикум по ремонту машин / под ред. А. М. Сідашенка. – Харків, Прапор, 1993 – 328 с.
4. Надійність сільськогосподарської техніки : підручник / [М. І. Черновол, В. Ю. Четкун, В. В. Аулін та ін.] ; за ред. М. І.Черновола. – друге видання, перероблене і доповнене. – Кіровоград : КОД, 2010. – 320 с. : іл.
5. Четкун В. Ю. Методичні вказівки до виконання ІНДЗ «Надійність сільськогосподарської техніки» / В. Ю. Четкун, С. Г. Гранкін, А. О. Смелов. – Мелітополь, 2007. – 23 с.

Додаткова:

1. Кузьмінський Р. Д. Ремонт машин: Розрахункові роботи / Р. Д. Кузьмінський ; заг. ред. акад. О. Д. Семковича. – Львів : ЛДАУ, 1997. – 65 с.
2. Зеркалов Д. В. Обладнання для технічного обслуговування та ремонту машин : довідник / Д. В. Зеркалов, М. Л. Береславский, Ю. А. Обухов. – К. : Урожай, 1991. – 208 с.
3. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч.посібник / П.О. Руденко. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.
4. Справочник по ремонтно-обслуживающему производству агропромышленного комплекса / А. Г. Корж, В. К. Чумак, А.Г. Ошкало, М. С. Гуторович. – К. : Урожай, 1988. – 240 с.
5. Форнальчик Є. Ю. Управління надійністю техніки на фермах / Є. Ю. Форнальчик. – Львів: Світ, 1992. – 112 с.

Навчальне видання
Марченко Дмитро Дмитрович
Зубєхіна-Хайят Олександра Валеріївна
Лимар Олександр Олександрович

РЕМОНТ МАШИН І НАДІЙНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

КУРС ЛЕКЦІЙ

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. __.

Тираж __ прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.