

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних робіт з дисципліни
**«Теоретичні основи створення та дослідження сучасних машин
та обладнання»**

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри підйомно-
транспортних і металургійних машин
Протокол № 21 від 20 червня 2023 р.

м. Краматорськ – Тернопіль, 2023 р.

УДК 621.873

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи створення та дослідження сучасних машин та обладнання». /Укл. Є.В. Мироненко. - Краматорськ: ДДМА, 2023. - 22 с.

Містять необхідні теоретичні відомості, перелік та порядок виконання практичних робіт, контрольні питання, вимоги до оформлення звітів.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри підйомно-транспортних машин
Протокол № 21 від 20 червня 2023 р.

Електронне навчальне видання

Укладач: професор, доктор технічних наук Мироненко Є.В.

Вступ

Навчальна дисципліна «Теоретичні основи створення та дослідження сучасних машин та обладнання» належить циклу вибіркових дисциплін за освітньо-науковою програмою «Галузеве машинобудування».

Предметом навчальної дисципліни «Теоретичні основи створення та дослідження сучасних машин та обладнання» є вивчення теоретичних та практичних основ машинобудування для забезпечення виробництва конкурентоспроможної машинобудівної продукції.

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів:

- фундаментальних знань і практичних навичок про принципи побудови та функціонування сучасних технологічних систем в машинобудуванні;
- розуміння закономірностей створення та використання математичних моделей для раціонального проектування конструкцій машин;
- основних системних знань про умови забезпечення високих показників якості, точності, продуктивності та економічності при виготовленні машинобудівної продукції;
- підходів та загальної методології раціонального проектування та дослідження типових конструкцій сучасного машинобудівного виробництва в умовах забезпечення конкурентоспроможності продукції, енерго- і ресурсозбереження та екології;
- навиків щодо наукової роботи в галузі машинобудування.

Основні завдання вивчення дисципліни:

- отримати усвідомлене уявлення про сучасну машинобудівну виробничу систему, її структуру, функції та перспективні можливості;
- мати уявлення про принципи побудови систем машинобудування;
- отримати загальне уявлення про техніко-економічне оцінювання та вибір ефективних технологічних рішень на машинобудівному підприємстві;
- розуміти основні принципи і методологічну основу проектування раціональних процесів виготовлення машин та складання машин для створення прогресивних ресурсозберігаючих, безвідхідних, екологічно чистих машинобудівних технологій;
- усвідомити різносторонні напрями підвищення конкурентоспроможності продукції;
- усвідомити і розуміти основні напрямки розвитку високих технологій в машинобудуванні;
- отримати практичні навички щодо оцінки рівня конкретно існуючих технологій сучасного виробництва, уміти їх коректно сформулювати, а також запропонувати заходи вдосконалення;
- отримати практичні навички дослідження сучасних машин та обладнання.

При вивченні дисципліни необхідно усвідомити її основні завдання і зв'язок з іншими загальнотехнічними і спеціальними дисциплінами. Навчальна дисципліна базується на знаннях, отриманих студентами з загальноосвітніх, а також при попередньому вивченні дисциплін вільного вибору за професійними

спрямуваннями. У процесі навчання студенти отримують необхідні знання під час лекційних занять і виконання практичних завдань. Також велике значення в процесі вивчення та закріплення знань має самостійна робота студентів.

Отримані студентами такі компетентності, як професійна готовність фахівця машинобудівного виробництва до організації, конструювання, дослідження конструкцій машин, потенційної здатності досягнення максимальних результатів в найбільш сприятливих умовах, дозволять ефективно застосовувати в практичній діяльності знання та вміння, сформовані в результаті засвоєння дисципліни.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- структуру машинобудування, функції, властивості, можливості, умови формування та розвитку;
- характерні особливості функціонування заготівельного, металооброблювального та складального виробництва в машинобудуванні;
- сутність фізичних явищ у процесах виготовлення машин;
- сутність фізичного та математичного моделювання, оптимізації в машинобудуванні;
- структуру проектування технологічних процесів;
- умови досягнення високих показників якості, точності, продуктивності та економічності при виготовленні машинобудівної продукції;
- підходи до техніко-економічного обґрунтування оптимальних технологічних рішень по виготовленню конкурентоспроможної машинобудівної продукції;
- сутність технологічної підготовки машинобудівного виробництва;
- проблемні питання розвитку машинобудування;
- особливості робочих процесів машин, що досліджуються;
- основні шляхи підвищення якості, надійності та безпеки експлуатації машин;
- основні шляхи зниження енергоємності та підвищення продуктивності машин;
- принципи аналізу основних якісних та кількісних показників експлуатації машин;
- сучасні технології створення нових ефективних машин;
- основні шляхи вдосконалення конструкції та процесу конструювання машин та їх складових частин;
- принципи автоматизації проектування машин та їх складових частин;
- правила оформлення проектно-технічної документації та вимоги ЄСКД. Компетентності, що потрібно набути при вивченні дисципліни:
- здійснювання планування та організацію виробництва сучасних конкурентно-спроможних машин на підставі технічного та технологічного оновлення, що забезпечується поєднанням економічних та технічних знань;
- розробка технічних та технологічних заходів для підвищення ефективності виробництва та продуктивності праці;

- визначення перспективних напрямків технічного переозброєння виробництва та модернізацію підприємств з метою підвищення конкурентоспроможності на внутрішньому та зовнішньому ринках;
- володіти термінологією, прийнятою в машинобудуванні, і вміти використовувати спеціальну літературу;
- оцінювати можливості сучасних машинобудівних підприємств;
- виконувати вибір оптимальних шляхів конструювання машин;
- виконувати економічну оцінку ефективності технологічних систем в машинобудуванні;
- орієнтуватися у виборі найбільш оптимальних технологічних рішень на підприємстві;
- обґрунтовувати шляхи підвищення якості продукції й продуктивності конструювання машин;
- формулювати завдання і критерії необхідні для проведення досліджень;
- використовувати результати досліджень при створенні нових конструкцій машин;
- використовувати сучасні технології при створенні машин та їх складових частин;
- розробляти та оформляти конструкторську, проектно-технічну та науково-дослідницьку документацію при створенні нових або модернізації існуючих машин та обладнання;
- користуватись спеціалізованим програмним забезпеченням.

Практична роботи №1

Визначення показників надійності у галузевому машинобудуванні при нормальному законі розподілу

Мета роботи - ознайомитись методикою визначення показників надійності технологічних систем при нормальному законі розподілу.

Завдання для самостійної підготовки

Вивчити:

- проблеми надійності технологічних систем;
- основні поняття працездатності машин.

Ознайомитись:

- з основними процесами пошкодження машин.

Скласти звіт по роботі:

- номер, найменування та мета роботи;
- основні поняття працездатності машин;
- основні процеси пошкодження машин.

Питання для самопідготовки

- 1 Проблеми надійності технологічних систем.
- 2 Основні поняття працездатності машин.
- 3 Відмови машин - раптові і поступові.

Проблема надійності машин

На сучасному етапі розвитку машинобудування, коли в основному вирішені питання кількості машин, великого значення набуває проблема підвищення їх якості та надійності. Підвищення надійності машин є важливим завданням будь-якої галузі господарства.

Наука про надійність техніки вивчає закономірності зміни показників працездатності машин з часом, а також фізичну природу відмов і на цій основі розробляє методи, що забезпечують потрібну довговічність та безвідмовність роботи машин із найменшими витратами часу і коштів.

Надійність машин необхідна для підвищення рівня автоматизації, зменшення витрат на ремонт, збитків від простою обладнання, забезпечення безпеки людей. Більш надійна техніка дозволяє збільшити продуктивність праці, коефіцієнт використання машин і зменшити експлуатаційні витрати.

Вирішення проблеми надійності - це значний резерв підвищення ефективності виробництва, зменшення матеріальних збитків і запобігання виникненню відмов машин. Особливістю проблеми надійності є її зв'язок з усіма етапами проектування, виготовлення та використання машини, починаючи з моменту формування ідеї створення машини і до прийняття рішення про її списання. Отже, проблема надійності є комплексною і потребує вирішення у сферах виробництва та експлуатації машин, акумулює і синтезує все те, що сприяє підвищенню працездатності машин. Раніше проблема надійності вирішувалася шляхом проектування машин із великим запасом міцності, що призводило до збільшення їх габаритів, ваги і металоемності.

Надійність будь-якого технічного виробу залежить не лише від якості використовуваних у ньому елементів, а й від їх кількості. Зі збільшенням кількос-

ті складових елементів, тобто зі збільшенням складності виробу, надійність (за інших однакових умов) знижується.

Велике значення для надійності машини поряд із кількістю деталей в її конструкції мають розміри і маса. Збільшуючи габаритні розміри та масу виробу конструктор може запроєктувати майже необмежений запас міцності.

Проблема підвищення надійності машин є не лише суто технічною, а й економічною. Затрати на підвищення надійності машин у більшості випадків (крім тих, від яких залежить безпека людей) необхідно порівнювати із затратами на їх експлуатацію.

Є три періоди існування машини - проектування, виготовлення та експлуатація, і всі вони пов'язані з певними витратами. Для того щоб машина працювала справно впродовж усього терміну служби, необхідно здійснювати її технічне обслуговування та своєчасний ремонт. Витрати на експлуатацію всіх машин значно перевищують витрати на їх виготовлення. У сфері ремонту машин зайнято більше робітників, ніж на виробництві цих машин. Витрати металу на ремонт за повний термін служби машини наближаються до маси самої машини, а вартість усіх заходів щодо підтримування машини в працездатному стані за той самий період у середньому у 10-20 разів перевищує вартість самої машини.

Поняття працездатності машин

Працездатність – стан об'єкта, при якому він здатний виконувати свої функції, зберігаючи значення заданих параметрів у межах, установлених нормативно-технічною документацією.

Працездатність оцінюють параметрами технічного стану. Розрізняють функціональні і діагностичні параметри.

Функціональні (структурні) параметри - це зношення, розмір деталі, зазор, вихідні та технічні характеристики машини (тиск, напір, подача, ККД тощо)

Діагностичні параметри - температура, шум, вібрація, ступінь герметичності, витіки, витрата мастила та ін.

Крім того, працездатність можна оцінювати за якісними показниками: наявністю витоків мастила, кольором відпрацьованих газів, скрипом, запахом горілої гуми або електропроводу. Ці ознаки не вимірюють, їх якісно оцінюють.

До кількісних показників працездатності належать:

- а) придатність;
- б) ресурс.

Придатність машини - це відносна здатність виконувати нею задані функції упродовж певного часу.

Ресурс машини - це напрацювання її до граничного стану, зазначеного в технічній документації.

Граничний стан - стан, при якому використання машини технічно неможливе або економічно недоцільне. При цьому різко погіршуються показники роботи машини: знижується продуктивність, не виконуються задані функції, відбувається висока інтенсивність відмов

Параметри технічного стану машини змінюються з часом її роботи. При цьому кожний параметр змінюється від номінального до граничного. Номінальне значення $\rho_{\text{ном}}$ визначають функціональним

призначенням машини (паспортними даними). Граничне $\rho_{\text{гр}}$ - це найбільше або найменше значення, що може мати працездатна машина. Допустиме значення $\rho_{\text{пр}}$ параметра - це те значення, при якому машина після контролю зможе працювати ще один міжремонтний період.

Залежно від зміни параметра ρ від номінального до граничного змінюється і характер відмови машини (рис. 1.1).

Поступова зміна параметрів від $\rho_{\text{ном}}$ до $\rho_{\text{гр}}$ призводить до поступової відмови.

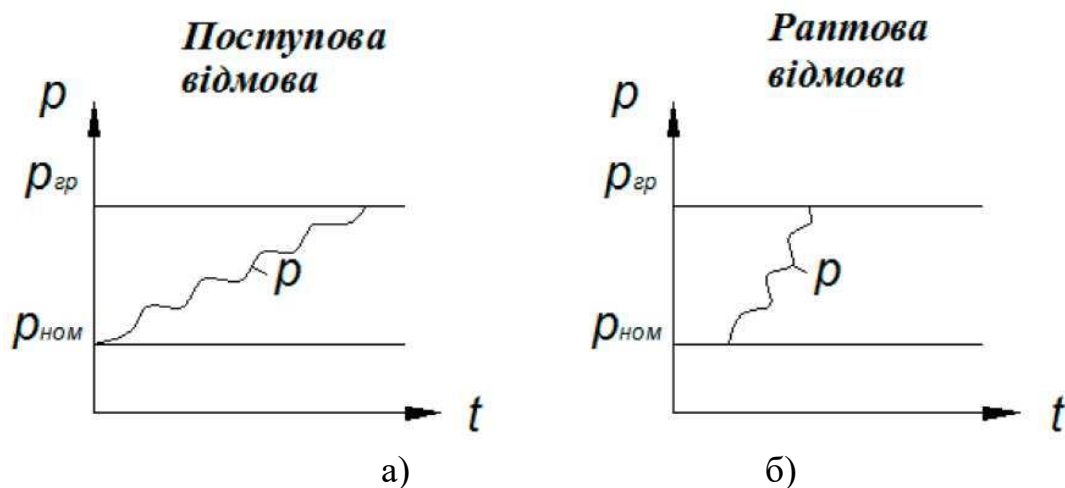


Рисунок 1.1 – Характер відмов машини: а) поступова; б) раптова

При раптовій зміні параметрів до $\rho_{\text{гр}}$ відбувається раптова відмова машини (наприклад, тріщина головки болта циліндрів двигуна внутрішнього згоряння, вихід із ладу запобіжного клапана або змащувальної системи та ін.).

Зміна працездатності машини

Будь-яка машина при експлуатації, зберіганні та транспортуванні зазнає внутрішнього і зовнішнього впливу, в результаті якого порушується її працездатність. Основні процеси пошкодження машини наведені на рисунку 1.2.

Механічні навантаження

Під дією механічних навантажень виникають різні внутрішні напруження і, як наслідок, деформації, тріщини і полумки деталей.

Деформації поділяють на пружні й пластичні.

Пружні відбуваються лише в момент прикладення навантажень.

Пластичні деформації характеризуються тим, що вони залишаються після дії навантажень. При цьому змінюються форма і розміри деталі.

Тріщини є результатом дії змінних навантажень. З часом вони збільшуються і це спричинює руйнування деталі. Полумки відбуваються в найбільш неміцних місцях (переходи, різі, шпонки та ін.).

Зношування - це процес поступової зміни деталі під дією тертя.

Характер цього процесу визначається видом тертя, фізико-хімічними властивостями матеріалу, швидкістю відносного переміщення поверхонь тертя, величиною і характером навантаження, видом і якістю мастил, умовами експлуатації та ін.



Рисунок 1.2 – Процеси пошкодження машин

Корозія - це реакція, що відбувається на межі різних фазових середовищ. У природі цей процес відбувається з виділенням енергії. Тому його можна лише призупинити (зупинити неможливо). Найбільш поширеною є електрохімічна корозія. Під її дією руйнуються поверхні транспортних машин (крила і кабіни автомобілів, тракторів та ін.).

Кавітація - це порушення суцільності всередині рідини, тобто утворення в ній порожнин. Кавітація характеризується виникненням у потоці рідини так званих кавітаційних бульбашок (пухирців), заповнених паром, газом або повітрям. Вони виникають у випадку, коли тиск у потоці рідини стає меншим, ніж тиск насиченої пари для даної температури, тобто $p < p_t$. При подальшому русі утворені пухирці потрапляють у зону підвищеного тиску і відбувається їх руйнування. При захлопуванні пухирців тиск збільшується до десятків атмосфер, і якщо воно відбувається на поверхні деталей, то це призводить до її руйнування. Кавітація негативно впливає на роботу машин і їх технічний стан. При цьому відбуваються зміна характеристик роботи машини (зменшення подачі, напору, к. к. д.), руйнування поверхонь деталей (викришування металу), спостерігаються шум і вібрація.

Нагрівання деталей до температури, вищої за критичну, спричиняє зміну структури матеріалу і, як наслідок, деформації і прогорання деталей. Крім того, на їх поверхні може виникати нагар від дії дуже нагрітих газів і продуктів згорання. Це спричинює перегрів деталей і появу тріщин, а також порушення нормального процесу тепловіддачі.

Біологічні пошкодження

Перше місце серед біологічних ушкоджень належить шкоді від плісняви. У прошарку плісняви виникають ферменти, що знищують матеріал. Крім того, кислоти (лимонна, щавлева) спричинюють корозію металів.

Пліснявоутворення - це складний процес. Залежить він від температури, вологості, сонячної радіації. Пліснява роз'їдає ізоляційний матеріал і деякі види пластмас. Крім того, шкоди завдають гризуни (миші та пацюки).

Негативний вплив людини

Система може впливати на зміну технічного стану машини. Негативний вплив людини може бути у випадках недостатнього знання машини, халатності, втоми та ін. Наслідки при цьому можуть бути різними.

Моральне зношення машини характеризується використанням малопродуктивних, металоемних, неекономічних машин, в основному через відсутність коштів. При цьому витрачаються марно електроенергія, тепло, матеріальні ресурси, кошти.

Шкода, яку спричиняють морально зношені машини, дуже велика. Це спонукає споживача до розроблення нових машин і енергозберігаючих технологій.

Практична роботи 2

Побудова дерева відмов у галузевому машинобудуванні

Мета роботи - ознайомитись з методикою побудови дерева відмов технологічних систем.

Вивчити:

- класифікацію методів аналізу відмов і ризиків
- методи аналізу відмов і ризиків. Ознайомитись:
- з методом дерева відмов. Скласти звіт по роботі:
- номер, найменування та мета роботи;
- класифікація методів аналізу відмов і ризиків;
- мета використання дерева відмов;
- умови розробки дерева відмов.

Питання для самопідготовки

1 Методи аналізу відмов і ризиків.

2 Метод дерева відмов.

3 Концепція дерева відмов.

В наш час існують як математичні методи, так і методи обчислень для створення імовірнісних схем моделювання. Необхідне тільки наукове обґрунтування їхнього вибору і надійні експериментальні дані.

Класифікація методів аналізу відмов і ризиків наведена на рисунку 2.1. Класифікація необхідна з метою вибору методології і способу рішення конкретної задачі. Більшість задач, пов'язаних з ризиками, випливає з необхідності управління безпекою, тому методи, що дозволяють одержати кількісні значення поточних ризиків мають перевагу.

Найуніверсальніший і найпоширеніший - це метод аналізу «дерев відмов».

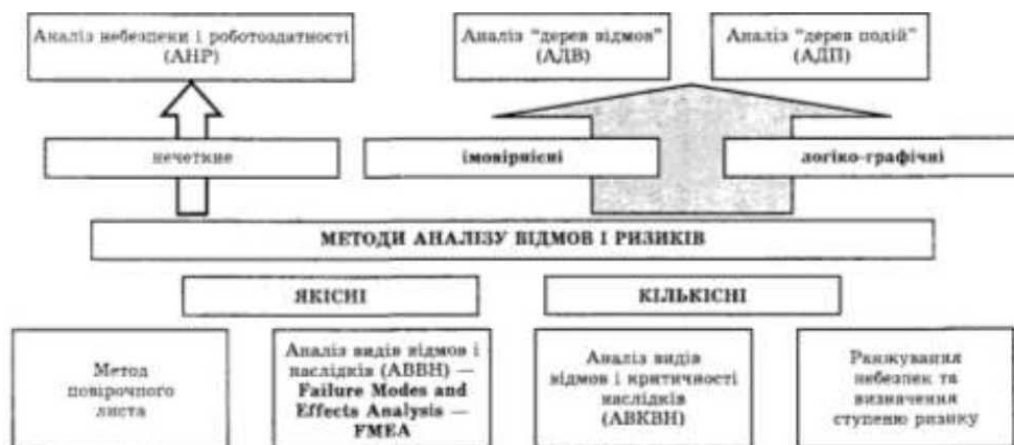


Рисунок 2.1 – Класифікація методів аналізу відмов і ризиків

Метод дерев відмов

Аналіз дерев відмов є найбільш загальним методом, що використовується для представлення логіки відмов технологічних систем. Він являє собою дедуктивний аналіз відмов, який можна описати аналітично. Метод дозволяє визна-

чити небажаний стан системи і потім аналізувати систему з урахуванням навколишніх умов і умов експлуатації для з'ясування всіх можливих шляхів, за якими може реалізуватися небажана подія.

Мета використання дерева відмов:

- виявлення шляхів, що приводять до відмови системи;
- вивчення моделі системи шляхом:
- вивчення взаємозалежності між відмовами елементів;
- визначення імовірності відмови системи;
- одержання інформації про вразливі місця системи.

Умови розробки дерева відмов:

- використання дедуктивного аналізу;
- чітке визначення небажаної події;
- облік взаємозв'язку між подіями;
- використання параметрів неготовності окремих компонентів; деталізація вхідної інформації повинна мати відповідний рівень.

Створення дерева відмов починається з визначення кінцевої події. Ця подія може мати широкий та загальний характер - відмова чи пошкодження системи, або вузький та специфічний, коли порушується функціонування компонента X. Ця кінцева подія буде розташовуватись на верхівці дерева відмов, а всі наступні події, які ведуть до головної, будуть розташовуватись як гілки на дереві. Рисунок 2.2 ілюструє початок простого дерева відмов, з розташування кінцевої події, потім тих подій, які впливають на те, що ця подія відбудеться, та нерозвинутих подій і далі аж до первісних (основних) подій.

Аспекти, які необхідно враховувати при побудові ДВ в складних технологічних системах:

- На початку процедури побудови дерев відмов повинні бути погоджені: границі систем, логічні символи, індексація (кодування) подій, а також облік і представлення помилок персоналу і відмов по загальних причинах.

- Усі допущення, зроблені в процесі побудови дерев відмов, повинні бути відбиті в звітній документації поряд із джерелами використовуваної проектною інформації.

- Якщо системи не моделюються в деталях і використовуються дані по надійності системного рівня, то події відмов, що є загальними і для інших систем, повинні бути виділені і розглянуті явно.

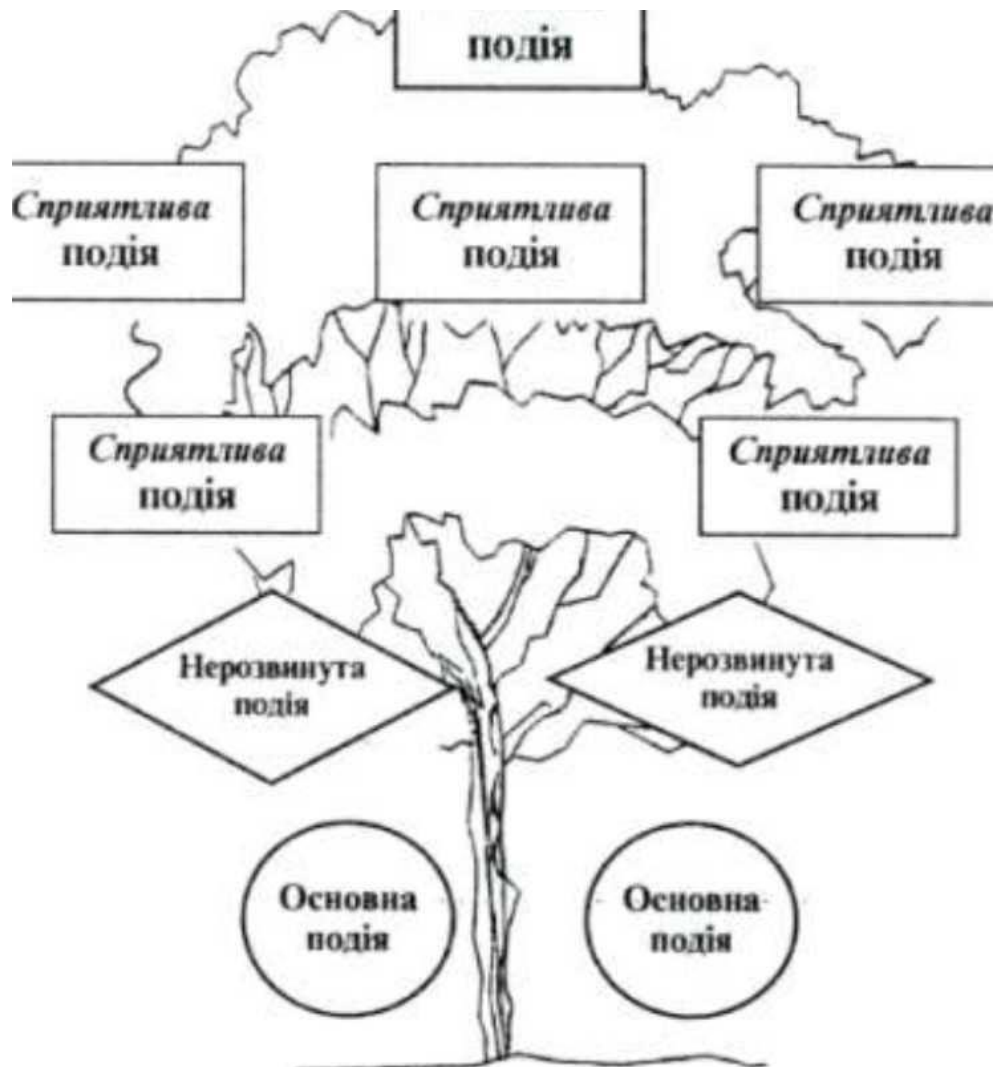


Рисунок 2.2 – Концепція дерева відмов

Дерева відмов повинні відображати всі можливі види відмов, що можуть спричинити неготовність системи. Повинні враховуватися складові, причетні до виводу устаткування з роботи для випробувань і технічного обслуговування. У необхідних випадках потрібно враховувати помилки персоналу, пов'язані з помилковими діями по приведенню устаткування в робочий стан після випробувань і технічного обслуговування, а також з помилковими діями в процесі аварії. Можливі дії персоналу по відновленню працездатності устаткування часто мають специфіку для кожної аварійної послідовності і видів відмов елементів.

У деревах відмов повинні знайти відображення наступні аспекти залежних відмов:

- взаємозалежності вихідних подій і реакцій систем;
- відмови загальних підтримуючих систем, що впливають більш ніж на одну систему чи елемент через функціональні залежності;
- помилки персоналу, пов'язані з загальними операціями випробувань і технічного обслуговування;
- загальні елементи систем.

При побудові дерев відмов мають бути враховані всі системи, що забезпечують роботу системи, які необхідні для виконання функцій безпеки, покладених на систему, тобто системи вентиляції, електропостачання, системи контурів.

В усіх випадках, де у імовірнісній моделі передбачене втручання персоналу, треба представити й описати дерева відмов для персоналу і всі дії/операції, на підставі яких вони побудовані. Ці події, що пов'язані з відновленням функцій оператором, як і відмови із загальної причини, повинні бути додані в дерева відмов на заключному етапі, в остаточному підсумку.

Аналіз дерева відмов вважається одним з найбільш корисних аналітичних інструментів у процесі системної безпеки, особливо при оцінці надзвичайно складних або деталізованих систем. Завдяки тому що він використовує дедуктивний логічний метод (тобто поступово рухається від загального до часткового), він дуже корисний при дослідженні можливих умов, які можуть призвести до небажаних наслідків або яким-небудь чином вплинути на ці наслідки. Як відомо, небажані події рідко відбуваються під впливом тільки одного чинника. Через це при аналізі дерева відмов в процесі системної безпеки небажану подію відносять до кінцевої події. Оскільки аналітик починає ідентифікувати окремі події, які сприяли кінцевій події, може бути побудовано дерево відмов. Розташовуючи кожний фактор у відповідному місці дерева, дослідник може точно визначити, де відбулись будь-які пошкодження в системі, який зв'язок існує між подіями і яка взаємодія відбулась (чи не відбулась, але може відбутись).

Практична роботи 3

Визначення ймовірності безвідмовної роботи машини

Мета роботи - визначити ймовірність безвідмовної роботи технологічної системи.

Вивчити:

- загальну схему розрахунку машини на надійність; принципи підвищення надійності, види резервування.

Ознайомитись:

- з граничними станами деталей, з'єднань складальних одиниць та механізмів обладнання.

Скласти звіт по роботі:

- номер, найменування та мета роботи;
- загальна схема розрахунку машини на надійність; граничні стани деталей, з'єднань складальних одиниць та механізмів обладнання;
принципи підвищення надійності, види резервування.

Питання для самопідготовки

1 Загальна схема розрахунку машини на надійність.

2 Критерії граничного стану деталей з'єднань складальних одиниць та механізмів обладнання.

3 Загальні принципи підвищення надійності, види резервування.

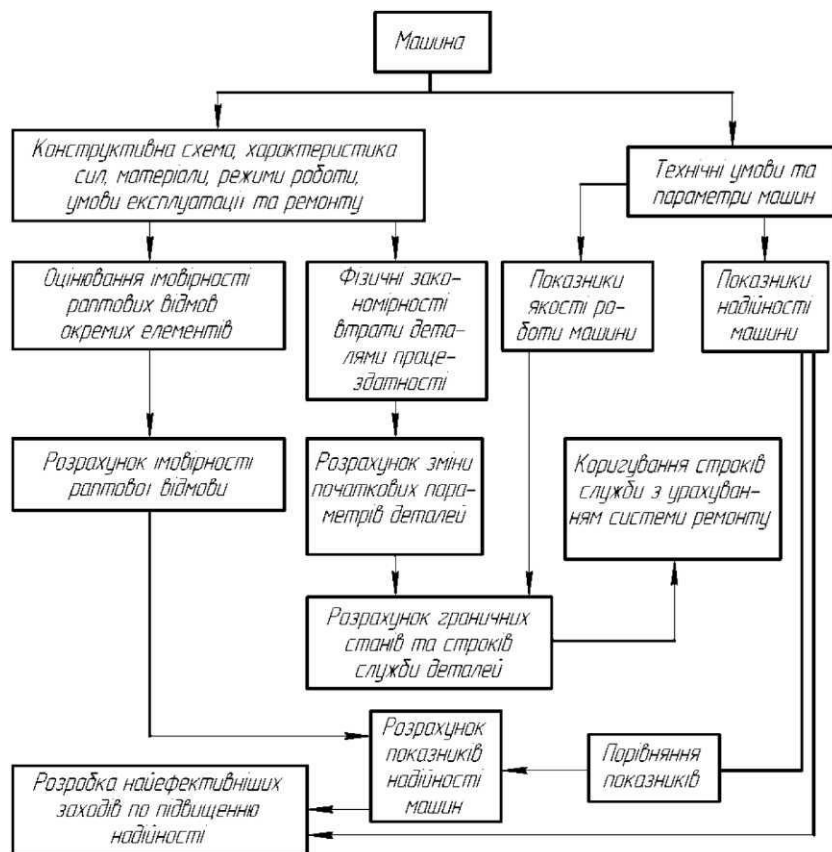


Рисунок 3.1 – Загальна схема розрахунку машини на надійність

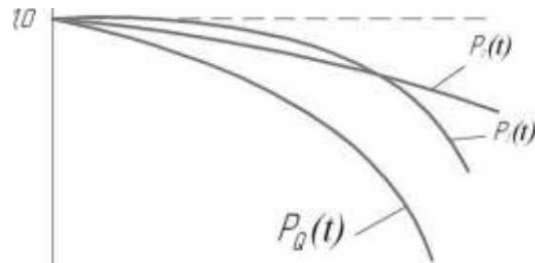


Рисунок 3.2 – Ймовірність безвідмовної роботи при сумісній дії зносних та раптових відмов

Технологічні системи - це складні об'єкти, які складаються з окремих, взаємопов'язаних елементів. Відмова будь-якого елемента впливає на працездатність об'єкта, оскільки це залежить від працездатності елементів та від способу їх з'єднання у систему.

Граничні стани (зноси) деталей, з'єднань складальних одиниць та механізмів обладнання

Обґрунтування і розрахунок граничного стану дозволяють повніше використати кожну деталь, з'єднання, складальну одиницю і механізми при мінімальних витратах коштів.

При знижених граничних станах ресурс технологічного обладнання не використовується повністю, а при завищених можуть виникнути аварійні відмови, зрости витрати на його експлуатацію та ремонт.

Зміна стану з'єднань характеризується переважно зносом деталей, а тому граничний стан з'єднань встановлюється за критеріями (ознаками) граничного зносу.

Виділяють три критерії граничного стану деталей і з'єднань: технічний (безвідмовність, робота без поломок), технологічний (якість роботи) та економічний.

Критерії граничного зносу встановлюються залежно від впливу зносу деталі на роботу машини. При цьому розглядаються три випадки (рис. 3.3).

У першому випадку (рис. 3.3.а) в результаті зносу машина не може більше функціонувати, тобто стає непрацездатною. Наприклад, відбувається злам шнеку, поломка ножового валу.

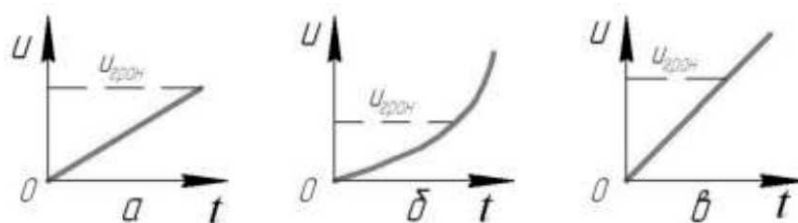


Рисунок 3.3 – Критерії граничного зносу

У другому випадку (рис. 3.3.б) знос приводить до потрапляння в зону інтенсивного виходу з ладу машини та її деталей. При цьому виникають удари,

відбувається форсоване зношування поверхонь, зростають вібрації машини, підвищується температура вузлів.

На кривій зносу (залежно від напрацювання) - це період аварійного зношування.

У третьому випадку (рис. 3.3.в) через знос характеристики машини виходять за допустимі або запропоновані межі (знижуються точність роботи, продуктивність та коефіцієнт корисної дії, коефіцієнт подачі тощо).

При зносі деталей двигуна змінюється потужність, підсилюються стуки. Двигун може продовжувати роботу, але як тільки стан його з'єднань буде відповідати максимально допустимим змінам його характеристики, цей стан стане граничним.

Граничні зноси основних деталей часто встановлюють на підставі практичних даних експлуатації та ремонту машин окремих марок.

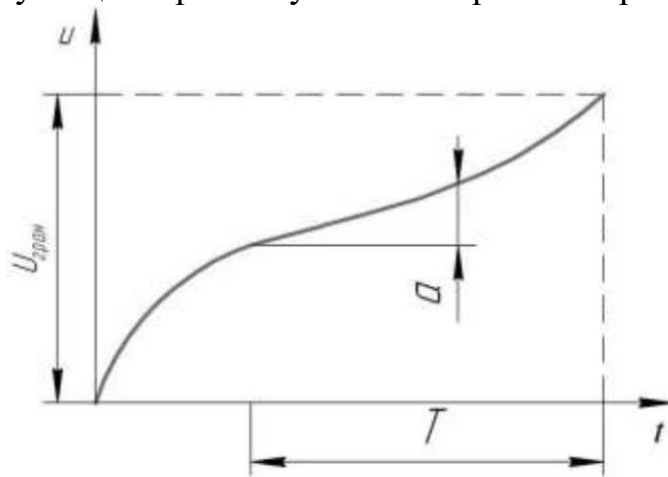


Рисунок 3.4 – Залежність зносу від напрацювання

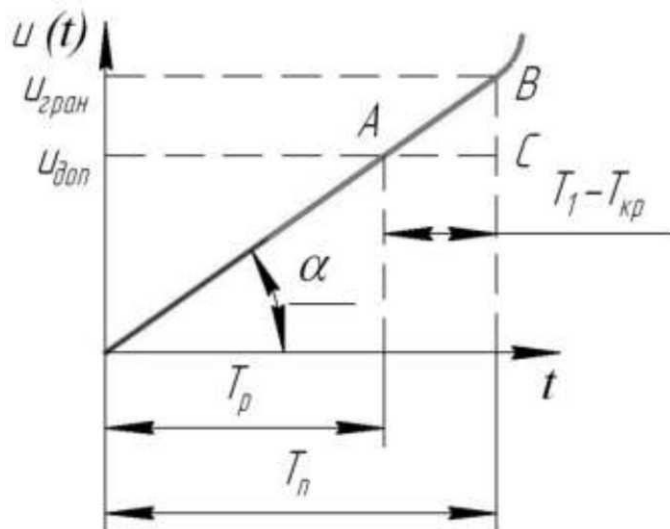


Рисунок 3.5 – Розрахунок допустимого і граничного зносів деталі

Загальні принципи підвищення надійності. Види резервування

Технічні системи складаються з ряду елементів, поєднаних між собою. Елементами вважаються незалежні складові частини, на які можна розбити систему.

Поняття "елементи" і "системи" є відносними. Наприклад, відцентровий насос може розглядатися як система, що складається з механічної і електричної частини, кожна з яких може у свою чергу розбиватися на елементи (деталі). У той же час у насосній станції насос є елементом, а в системі водопостачання елементом може вважатися насосна станція. Система може складатися з однакових або різних елементів.

Експериментально, шляхом випробувань визначаються показники надійності елементів, а показники надійності систем обчислюються залежно від виду з'єднання елементів (структури, конфігурації) у системі. Бувають два види з'єднань: послідовне і паралельне.

Систему з паралельним з'єднанням називають також системою зі структурним резервуванням елементів (резервованою). Можливі також системи з комбінуванням обох видів з'єднань.

У багатьох випадках до технічних систем і пристроїв пред'являються дуже суворі вимоги по безвідмовності.

Одні пристрої не можна зупиняти через небезпеку, що загрожує людям, що працюють на цих пристроях або за допомогою цих пристроїв. Наприклад, системи повітропостачання і водовідливу в шахтах. Зупинка систем повітропостачання або водовідливу загрожує великими жертвами і тому неприпустима.

Інші пристрої недоцільно, зупиняти або допускати мимовільної зупинки через велику ймовірність економічного збитку. До них можна віднести деякі системи електропостачання, авіатехніку (літаки, вертольоти).

Треті пристрої повинні бути безвідмовними протягом заданого періоду часу з міркувань (військових) оборонних. До них відноситься більшість видів військової техніки.

Все вищевикладене змушує шукати шляхи підвищення надійності і довговічності пристроїв до заданого рівня.

Одним з таких шляхів є резервування елементів, частин систем та систем в цілому. Сутність резервування полягає в тому, що до елементу (блоку, системі) приєднуються один або кілька запасних (резервних) елементів (блоків, систем), які в міру виникнення відмов підключаються на місце основного та виконують його функцію.

Резервування є одним з основних методів підвищення надійності технічних пристроїв, який дозволяє, принаймні теоретично, підвищувати надійність виробу до як завгодно великого рівня.

Сукупність основного і резервних елементів називається резервною групою.

Підвищення надійності систем може бути досягнуто двома шляхами:

1. Підвищення надійності і якості елементів, з яких складається система. Тут мається на увазі використання більше якісних труб, матеріалів, устаткування, підвищення якості будівельно-монтажних робіт, кваліфікації обслуговуючого персоналу. Цей шлях вважається найкращим.

2. Резервування (дублювання) елементів систем. Це дозволяє одержати систему більше надійну, ніж надійність складових її елементів.

Види резервування

Сутність резервування полягає у введенні в систему додаткових елементів для забезпечення безвідмовності об'єкта в цілому, при недостатньо надійних елементах. Однак можливе резервування і без введення додаткових елементів. Наприклад, тимчасове резервування з використанням резервів часу, функціональне - з використанням здатності елементів виконувати додаткові функції або перерозподіляти функції. Інформаційне резервування пов'язане з використанням резервів інформації.

При загальному резервуванні підвищення надійності досягається шляхом резервування системи в цілому (рис. 3.6.а), а при роздільному - окремих елементів системи (рис. 3.6.б).

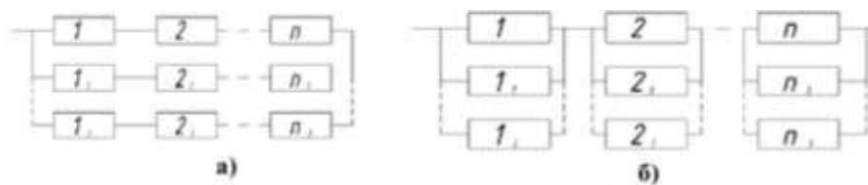


Рисунок 3.6 – Загальне (а) і розділене (б) резервування

Кратністю резервування називають відношення числа резервних елементів до числа основних, і позначають t .

Резервування із цілою кратністю означає, що t є цілим числом, а із дробовою - величина t є дробовим нескороченим числом. Наприклад $t = 4/2$ означає резервування із дробовою кратністю, при якому число резервних елементів дорівнює 4, число основних - 2, а загальне число елементів - 6. Якщо скоротити $4/2=2$, то це вже означає резервування із цілою кратністю, при якому число резервних елементів дорівнює 2, а число основних - 1, загальне число елементів - 3.

За способом включення резерву розрізняють:

- постійне резервування, виконується без перебудови структури у разі виникнення відмови його елемента;
- динамічне резервування, передбачає перебудову структури у разі відмови елемента;

В свою чергу динамічне резервування поділяється на:

- а) резервування заміщенням - функції передаються резервному елементу тільки після основного елемента;
- б) ковзаюче резервування - кілька основних елементів резервуються одним або кількома резервними, кожен з яких може замінити будь-який основний (тобто групи основних і резервних елементів ідентичні - рис. 3.7).

При ковзаючому резервуванні будь-який резервний елемент може замінити будь-який основний елемент. Для здійснення цього резервування необхідно мати пристрій, який автоматично знаходить несправний елемент і підключає замість нього резервний. Перевага такого резервування в тому, що при

ідеальному автоматичному пристрої найбільший виграш буде в надійності в порівнянні з іншими методами резервування. Проте здійснення ковзного резервування можливе лише при однотипності елементів.

При заміщенні резервні елементи можуть перебувати в трьох

- навантажений - резервний елемент перебуває в тім же режимі, що і основний. Навантажене резервування, у якому резервні елементи перебувають у режимі основного елемента. Надійність елементів не залежить від того, в який момент вони включилися на місце

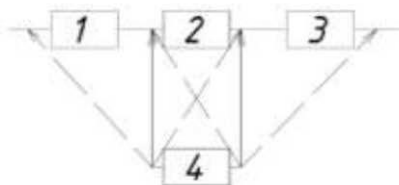


Рисунок 3.7 – Ковзаюче резервування

- полегшений - резервний елемент перебуває в менш навантаженому стані. Полегшене резервування – спосіб резервування елементів, при якій резервні елементи знаходяться в частково навантаженому стані і мають меншу інтенсивність відмов, ніж основні елементи. Полегшене резервування використовується в радіоелектронній апаратурі. Граничними випадками полегшеного резервування є навантажене резервування і ненавантажене резервування. ненавантажений не несе навантаження до включення.

Ненавантажене резервування – спосіб резервування елементів, при якому резервні елементи знаходяться у вимкненому стані і мають знехтовно малу інтенсивність відмови. У теорії систем з ненавантаженим резервуванням ця інтенсивність вважається рівною 0. Розрізняють невідновлювані і відновлювані системи з ненавантаженим резервуванням (рис. 3.8).

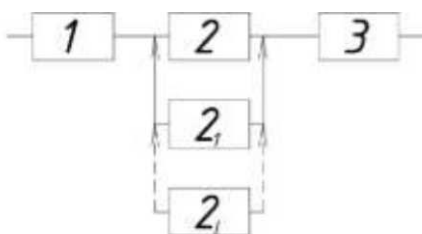


Рисунок 3.6 – Ненавантажене резервування

Тимчасове резервування - це спосіб підвищення надійності, при якому системою в процесі функціонування надається можливість витратити якийсь час, званий резервним, для відновлення технічних характеристик. Резерв часу можна витратити на перемикання структурного резерву, виявлення і усунення відмов, повторення робіт, знецінених відмовами, очікування завантаження в працездатному стані. Наприклад тимчасове резервування здійснюється шляхом влаштування, наприклад регулюючих ємностей наприкінці водовода для створення запасу води під час ліквідації аварії

Практична роботи 4

Оволодіння навиками досліджень машин та обладнання

Мета роботи: оволодіння навичками формування мети, задач досліджень, опанування методів планування експериментальних досліджень з використанням математичного апарату.

Порядок виконання роботи

1. Обговорення питань; доцільна сфера застосування математичного планування експерименту; «чорна скриня» як абстрактна математична модель; регресійний аналіз математичної моделі; регресійний аналіз математичної моделі; розрахунок помилки експерименту.
2. Забезпечення студентів індивідуальним завданням.
3. Проведення тестового контролю знань в межах вивченого матеріалу.
4. Заслуховування та обговорення напрямів і тем індивідуальних досліджень.

Контрольні питання

1 Метод пізнання, при якому виконується практичне або уявне розчленування об'єкта на його складові елементи: аналіз (а); синтез (б); абстрагування (в); нема правильної відповіді (г).

2 Фізичний процес визначення чисельного значення деякої величини шляхом порівняння її з еталоном: вимір (а); рахунок (б); формалізація (в); нема правильної відповіді (г);

3 Методи, які використовуються на етапі формування наукової гіпотези: методи теоретичного рівня (а); методи експериментально-теоретичного рівня (б); методи емпіричного рівня (в); нема правильної відповіді (г)

4 До методів теоретичного рівня належать: спостереження, порівняння, рахунок, вимір, співбесіда (а); експеримент, аналіз, синтез, індукція, дедукція, моделювання (б); абстрагування, ідеалізація, формалізація, аксіоматизація, узагальнення (в); нема правильної відповіді (г)

5 Вивчення об'єкта дослідження як сукупності елементів, що утворюють систему: комплексний підхід (а); системний аналіз (б); узагальнення (в); нема правильної відповіді (г)

6 Відтворення характеристик об'єкта дослідження на іншому об'єкті, створеному для їхнього вивчення: моделювання (а); аналогія (б); експеримент (в); нема правильної відповіді (г)

7 Метод аналізу економічних явищ і процесів і прийняття рішень та метод навчання, що базується на інтуїції, спритності, аналогії та власному досвіді: гіпотетичний метод (а); історичний метод (б); евристичний метод (в); нема правильної відповіді (г).

8 Що не належить до видів абстрагування: ототожнення (а); ізолювання (б); формалізація (в); нема правильної відповіді (г)

9 Що належить до конкретно наукових методів: аксіоматизація (а); ототожнення (б); моделювання (в); нема правильної відповіді (г)

10 До загальнонаукових методів не належить: системний аналіз (а); комплексний підхід (б); лінійне програмування (в); нема правильної відповіді (г).

Література

- 1 Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення: ДСТУ 2470-94. - К.: Держстандарт України, 1995. - 28 с.
2. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. / М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін та ін.; За заг. ред. М.І. Черновола.- Кіровоград: ТОВ «КОД», 2010. - 320 с.
3. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004-95.-К.: Держстандарт України, 1995. - 51 с.
4. Канарчук В.С. Надійність машин: Підручник. / В.С. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв - Либідь, 2003 - 424 с.
5. Зенкін М.А. Методи підвищення надійності та довговічності деталей та вузлів машин легкої промисловості: Підручник. / М.А. Зенкін, Б.Ф. Піпа - К.: КНУДТД, 2004 -264с.
6. Холодов А.М. Технічні основи створення машин: Підручник / Холодов А.М., Руднев В.К., Гарнець В.М. – К.: УМК ВО, 1992. – 288 с.
7. Математичне моделювання технологічних процесів у машинобудуванні / А.І. Гордієнко, Л.Г. Полонський, П.П. Мельничук, М.Л. Хейфець. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 190 с.
8. Гавриш П.А. Математичне моделювання систем і процесів / П.А. Гавриш, Л.В.Васильєва // Навчальний посібник с грифом МОНУ, ДДМА, 2006-100с. ISBN 966-379-060-1.
9. Винарский М.С, Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях.- Киев: Техника, 1975.-167с.
10. Зегнидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем.-М.: Наука, 1976.-390с.
11. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2001. - 496с.
12. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры.-М.: Физматлит, 2002. - 320 с.
13. Боровиков В.П. STATISTICA / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков, М.: 1997, 592с.6 3 Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. – СПб.: ВHV – Санкт-Петербург, 1997.