

**ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

**НАДІЙНІСТЬ ТЕХНІКИ  
АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ  
Основні положення**

**ДСТУ 2861-94**

*Видання офіційне*

Київ  
Держстандарт

## ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО І ВНЕСЕНО Асоціацією «Надійність машин і споруд»
- 2 ЗАТВЕРДЖЕНО І ВВЕДЕНО ВДІЮ наказом Держстандарту України № 310 від 8 грудня 1994 р.
- 3 Стандарт концептуально гармонізовано з міжнародними стандартами серії ISO 9000 та публікаціями ІЕС 300
- 4 ВВЕДЕНО ВПЕРШЕ
- 5 РОЗРОБНИКИ: В.Л. Стрельников, д-р техн. наук (керівник розробки), І.З. Аронов, канд. техн. наук, В.П. Коньков, канд. техн. наук, О.В. Федухін, канд. техн. наук

## ЗМІСТ

- 1 Галузь використання
  - 2 Нормативні посилення
  - 3 Визначення
  - 4 Основні положення
  - 5 Аналіз надійності за результатами виконання ПЗН
  - 5.1 Загальні положення
  - 5.2 Аналіз надійності об'єкта на стадії проектування та розробки
  - 5.3 Аналіз надійності об'єкта на стадії виготовлення та встановлення
  - 5.4 Аналіз надійності об'єкта на стадії експлуатації та обслуговування
  - 6 Кількісні методи аналізу надійності об'єкта
  - 6.1 Загальні положення
  - 6.2 Порядок аналізу надійності системи
  - 6.3 Загальні методи якісного аналізу
  - 6.4 Аналіз характеру та наслідків відмов
  - 6.5 Аналіз діагностичного дерева відмов
  - 6.6 Аналіз за допомогою блок-схеми надійності
  - 6.7 Прогнозування надійності за кількістю елементів (лямбда-метод)
  - 6.8 Марковський аналіз
  - 6.9 Імовірнісно-фізичний метод аналізу надійності
- Додаток А Послідовність аналізу об'єкта на надійність на стадіях проектування, виготовлення та експлуатації.
- Додаток Б Переваги та недоліки кількісних методів аналізу надійності

ДСТУ 2861-94

## ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

### НАДІЙНІСТЬ ТЕХНІКИ АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ Основні положення

### НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИКИ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ Основные положения

### DEPENDIBILITY OF TECHNICS DEPENDIBILITY ANALYSIS Basic principles

Чинний від 01.01.97 (12-95 с.32)

#### 1 Галузь використання

Цей стандарт поширюється на технічні системи, пристрої, машини, механізми, апаратуру, прилади чи будь-які їх частини (далі — об'єкти), що розглядаються з погляду надійності як самостійні одиниці, і встановлює основні положення та порядок проведення аналізу надійності об'єктів на всіх стадіях життєвого циклу.

Стандарт придатний для цілей сертифікації.

В разі необхідності положення цього стандарту можуть бути конкретизовані стосовно видів техніки та однорідної продукції.

## 2 Нормативні посилання

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:  
ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення  
ГОСТ 40.9001-88 Системы качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании,

## 3 Визначення

У цьому стандарті використовуються загальні терміни в галузі надійності, визначення яких встановлено ДСТУ 2860.

Додатково наведено такі терміни, що стосуються аналізу надійності.

Деградація (деградаційний процес) - дія одного чи сукупності природних процесів старіння, корозії, зношування, втоми та руйнування.

Прогнозування надійності - окремий випадок розрахунку надійності на основі математичних моделей, які відображають тенденцію зміни раніш оціненої надійності об'єктів-аналогів або їх складових частин з урахуванням зміни конструкції та умов експлуатації.

Комплект зальних частин, інструменту та приладів (ЗІП) — запасні частини, необхідні для технічного обслуговування й ремонту об'єктів, скомплектовані залежно від призначення та умов їх використання.

Система — об'єкт, який піддається розкрупненню на складові частини (елементи).

Елемент — об'єкт, який розглядається при розрахунку надійності як єдине ціле, що не підлягає подальшому розкрупненню.

## 4 Основні положення

4.1 Аналіз надійності проводять з метою:

- перевірки здійсності встановлених вимог і (або) оцінки імовірності досягнення потрібного рівня надійності складових частин та об'єкта в цілому;
- перевірки ефективності запропонованих (реалізованих) заходів щодо доопрацювання конструкції, технології виготовлення, стратегії технічного обслуговування та ремонту для підвищення надійності;
- прогнозування надійності та вибору раціональних шляхів забезпечення чи підвищення надійності.

Методи аналізу надійності використовуються для прогнозування безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, готовності та заходів щодо забезпечення безпеки об'єкта, а також для порівняння наслідків прогнозування із заданими вимогами.

4.2 Завдання аналізу надійності та його обсяг залежать від стадії життєвого циклу об'єкта, глибини відпрацювання об'єкта на надійність, наслідків відмов і граничних станів об'єкта та інших чинників

Аналіз надійності проводять на етапах розробки технічного завдання, ескізного та технічного проєктів, виробництва й експлуатації на різних рівнях розкрупнення об'єкта згідно з ГОСТ 40.9001.

4.3 Комплекс заходів щодо аналізу надійності ґрунтується на таких принципах:

- вимоги споживача (замовника) щодо надійності замовлених об'єктів обов'язкові для розробника (виробника);
- у серійне виробництво повинні впроваджуватись об'єкти, показники надійності яких підтверджені;
- імовірність настання критичних відмов не повинна перевищувати гранично допустимого рівня протягом усього терміну експлуатації об'єкта;
- основний обсяг роботи щодо аналізу надійності повинен проводитися на стадії науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт.

4.4 Цей стандарт встановлює два основних підходи до аналізу надійності об'єктів:

— аналіз надійності об'єкта за результатами заходів і способів щодо забезпечення надійності на етапах проєктування, виробництва та експлуатації відповідно до програми забезпечення надійності (ПЗН);

— кількісні методи аналізу надійності об'єкта, які ґрунтуються на аналізі умов експлуатації, причин і механізмів відмов, показників надійності елементів, стратегій технічного обслуговування та ремонту тощо.

4.5 Аналіз надійності об'єкта за результатами виконання заходів і способів, передбачених програмою забезпечення надійності, дає змогу:

- одержати якісну оцінку досягнутого рівня надійності об'єкта та встановити можливість дотримання вимог щодо надійності;
  - обґрунтувати необхідні коригування та доопрацювання конструкції, технології виготовлення, системи технічного обслуговування і ремонту об'єкта з метою підвищення надійності;
  - підготувати необхідні дані для використання кількісних методів аналізу надійності об'єкта.
- 4.6 Кількісні методи аналізу надійності об'єкта дають змогу:
- визначити кількісні показники надійності та встановити можливість дотримання вимог щодо рівня надійності;
  - виконати порівняльний аналіз надійності варіантів конструкцій об'єкта;
  - прогнозувати й оптимізувати надійність з урахуванням встановлених вимог, стратегій технічного обслуговування та ремонту, вжитих заходів щодо підвищення надійності.

## **5 Аналіз надійності за результатами виконання ПЗН**

### **5.1 Загальні положення**

Відповідність рівня надійності об'єкта за результатами аналізу вжитих заходів, що є складовою частиною ПЗН, доцільно визначати у тих випадках, коли об'єкт має високі значення показників безвідмовності та довговічності або дуже складну функціональну структуру, коли відсутні будь-які вірогідні дані, необхідні для кількісної оцінки надійності.

Зміст аналізу надійності та його обсяг залежать від етапу життєвого циклу об'єкта та глибини відпрацювання його надійності. Після закінчення кожного етапу проводяться документований, систематизований та критичний аналізи наслідків вжитих заходів ПЗН. Кожен етап аналізу повинен передбачати участь фахівців усіх підрозділів, які відповідають за реалізацію функцій, що впливають на якість і надійність системи, залежно від стадії, що розглядається. Внаслідок періодичного аналізу визначаються та прогножуються межі виникнення проблем невідповідностей, а також проведення коригувальних заходів впливу, які забезпечують відповідність рівня надійності об'єкта встановленим вимогам.

Повнота та виконання всіх заходів ПЗН є основою того, що конструктивне виконання та технологічний процес виготовлення об'єкта відповідають встановленим вимогам, які забезпечують задані вимоги щодо надійності.

### **5.2 Аналіз надійності об'єкта на стадії проектування та розробки**

5.2.1 На стадії проектування та розробки виконують такі основні види робіт щодо аналізу надійності:

- аналіз наявності та повноти ПЗН;
- аналіз вимог щодо надійності, вибір номенклатури та нормування показників надійності об'єкта з урахуванням особливостей його конструктивного виконання, режимів використання й умов експлуатації, наслідків відмов та інших чинників;
- аналіз надійності кращих вітчизняних і закордонних аналогів, складових частин, комплектуючих виробів, властивостей конструкційних матеріалів;
- аналіз видів, наслідків і критичності несправностей об'єкта;
- аналіз умов експлуатації та зовнішніх діючих чинників (ЗДЧ);
- аналіз можливих схемно-конструктивних варіантів побудови об'єкта, розрахунки надійності цих варіантів об'єкта і вибір найкращого за надійністю варіанта;
- аналіз і обґрунтування вимог щодо надійності класових частин;
- аналіз вибору конструкційних матеріалів і комплектуючих елементів з урахуванням вимог щодо надійності;
- аналіз заходів, що забезпечують стійкість об'єкта до ЗДЧ, виявлення складових частин, критичних до різних ЗДЧ;
- уточнення оцінок показників надійності об'єкта в цілому і його складових частин для вибраного варіанта побудови об'єкта;
- аналіз причин відмов дослідних зразків, розробка заходів щодо їх усунення;
- аналіз результатів випробувань на надійність макетів, дослідних зразків об'єкта та його складових частин;
- аналіз ремонтної та експлуатаційної документації з точки зору забезпечення надійності;
- аналіз системи збирання та опрацювання інформації щодо надійності об'єкта і його складових частин на різних стадіях життєвого циклу виробів;
- аналіз технології виготовлення з точки зору забезпечення вимог щодо надійності;
- техніко-економічний аналіз ефективності заходів, що впроваджуються на етапі, з метою

забезпечення надійності;

— аналіз нормативної та методичної документації, необхідної для забезпечення надійності.

5.2.2 Аналізують заходи, вжиті з метою підвищення надійності об'єктів, що проектуються, зокрема:

- збільшення кількості проектних рішень, що аналізуються на надійність;
- більш детальний та різнобічний аналіз надійності кожного проектного рішення;
- використання ЕОМ для вирішення принципово нових завдань, які пов'язані з можливістю моделювання процесів, що описують функціонування виробу;
- підвищення точності методів розрахунку надійності, що використовуються;
- автоматизація інформаційних потоків про надійність між різними підрозділами (дані про аналоги, властивості матеріалів, результати випробувань макетів) тощо;
- створення і вдосконалення методів, що дають змогу формалізувати проектно-пошукові дослідження й об'єктивно оцінювати та прогнозувати надійність.

5.2.3 На основі виконаних робіт з аналізу надійності на етапі проектування та розробки оформляють звіт і роблять відповідні висновки про можливість дотримання встановлених вимог і можливість переходу до наступного етапу розробки об'єкта, або дають рекомендації щодо доопрацювання проекту з метою усунення виявлених недоліків. Встановлюються перелік критичних елементів об'єкта (системи) та пропозиції щодо їх усунення.

Примітка. В разі необхідності та достатності вихідних даних можна використовувати метод (чи декілька методів) кількісного аналізу надійності, описаний у наступному розділі цього стандарту.

5.3 Аналіз надійності об'єкта на стадії виготовлення та встановленню

5.3.1 На стадії виготовлення та встановлення виконують такі основні види робіт щодо аналізу надійності:

- аналіз наявності і повноти ПЗН;
- аналіз прогресивних технологічних рішень;
- аналіз обраної технології виготовлення з точки зору забезпечення заданих вимог щодо надійності;
- аналіз методів контролю параметрів технологічних процесів, що лімітують надійність;
- аналіз точності і стабільності технологічних процесів;
- аналіз можливостей вхідного контролю якості сировини, матеріалів і комплектуючих;
- аналіз функціонування служби контролю якості продукції;
- аналіз результатів атестації випробувального устаткування та засобів контролю;
- аналіз правильності вибору режимів і тривалості технологічного прогону;
- аналіз повноти програм і методик випробувань;
- аналіз системи збирання й опрацювання інформації про несправності, що виникають під час виробництва;
- аналіз системи технічного обслуговування та ремонту;
- аналіз програми навчання обслуговуючого персоналу;
- аналіз якості пусконаладжувальних робіт.

5.3.2 Аналізують вжиті заходи щодо підвищення надійності об'єкта, що виготовляється, шляхом, наприклад:

- використання передових методів організації виробництва;
- автоматизації технологічних процесів;
- впровадження гнучких виробничих систем, робототехнічних комплексів та автоматизованих систем керування технологічними процесами;
- впровадження методів неруйнівного контролю та технічної діагностики;
- забезпечення промислової чистоти та культури виробництва.

5.3.3 На основі результатів аналізу вжитих заходів згідно з 5.2, 5.3.1 і 5.3.2 оформляють звіт з відповідними рекомендаціями та висновком про можливість дотримання встановлених вимог та (чи) оцінки імовірності досягнення потрібного рівня надійності об'єктів. Встановлюють основні технологічні процеси та пропозиції щодо їх доопрацювання.

Примітка. В разі потреби аналіз надійності об'єкта, що виготовляється, можна проводити з використанням методів контролю параметрів технологічних процесів і (чи) кількісних методів аналізу, які наведені в наступному розділі цього стандарту.

5.4 Аналіз надійності об'єкта на стадії експлуатації та обслуговування

5.4.1 На етапі експлуатації та обслуговування виконуються такі основні види робіт щодо аналізу надійності:

- аналіз наявності та повноти ПЗНе;

- аналіз повноти експлуатаційних документів;
- аналіз дотримання правил і режимів експлуатації;
- аналіз дотримання правил безпеки;
- аналіз організації системи збирання інформації про надійність об'єкта, складових частин і комплектуючих елементів;
- аналіз систем технічного обслуговування та ремонту;
- аналіз достатності ЗПП;
- аналіз функціонування засобів автоматизованого контролю та технічної документації;
- аналіз ефективності досліджень причин відмов відремонтованих об'єктів;
- аналіз методики навчання персоналу правилам забезпечення надійності під час проведення ремонту.

5.4.2 Аналізують вжиті заходи щодо підвищення надійності експлуатованого об'єкта, наприклад:

- вдосконалення системи технічного обслуговування;
- визначення засобами технічної діагностики залишкового ресурсу;
- впровадження сучасної технології ремонту;
- контроль якості запасних частин;
- аналіз причин відмов і організація зворотного зв'язку з етапами проектування та виготовлення.

5.4.3 На основі результатів аналізу згідно з 5.4.1 і 5.4.2 з урахуванням результатів аналізу попередніх етапів 5.2 і 5.3 оформляють звіт і роблять висновки про можливість дотримання встановлених вимог і (або) дають рекомендації щодо оптимізації стратегії технічного обслуговування і ремонту, забезпечення і контролю надійності запасних частин та інших ресурсів забезпечення надійності під час експлуатації.

Рекомендований перелік та послідовність основних видів аналізу надійності ні стадіях проектування, виготовлення й експлуатації у взаємозв'язку з відповідними заходами ПЗН наведено в додатку А.

## **6 Кількісні методи аналізу надійності об'єкта**

### **6.1 Загальні положення**

Завдання аналізу надійності, метою яких є одержання оцінок надійності системи та її елементів при вибраних під час проектування технічних рішеннях, порівняння різних варіантів об'єктів та обґрунтування наступних рішень з урахуванням стратегії технічного обслуговування і ремонту, впливу навколишнього середовища та інших чинників, вирішують з використанням кількісних методів дослідження надійності об'єктів.

Жоден із кількісних методів аналізу надійності, які встановлені у цьому стандарті, не є універсальним, що може охопити всі різноманітні типи моделей реальних об'єктів (устаткування та програмного забезпечення, складних функціональних структур, не відновлюваних та відновлюваних об'єктів тощо).

Для забезпечення належного дослідження складних технічних систем може бути потрібний розгляд декількох додаткових методів аналізу.

Під час вибору методів аналізу надійності об'єктів слід враховувати:

- обґрунтованість прийнятих у моделі припущень і залежність від них одержуваних результатів;

- адекватність і точність моделей, що використовуються;

- простоту і зручність одержання кінцевих результатів;

- обсяг завдань надійності (кількість показників надійності), що розв'язуються цим методом.

Конкретні детальні процедури аналізу містяться у нормативних документах (стандартах), де описано певний метод аналізу надійності. Загальні процедури, підходи та вимоги встановлюються нижче.

### **6.2 Порядок аналізу надійності системи**

У загальному випадку методика аналізу надійності системи складається з таких етапів:

- ідентифікація об'єкта (призначення, галузь використання, функції, структура, склад, резервування, система технічного обслуговування та ремонту, режими експлуатації, зовнішні впливи, кваліфікація обслуговуючого персоналу та якість програмних засобів, що використовуються в об'єкті, плановані технології й організація виробництва при виготовленні об'єкта);

— визначення мети аналізу (номенклатура та необхідні значення показників надійності, критерії якості функціонування об'єкта, можливі наслідки відмов, критерії відмов і граничних станів);

— визначення вихідних даних (одержання та попереднє опрацювання вихідних даних щодо надійної елементів і складових частин об'єкта, аналогів, розрахунок показників надійності елементів, розподіл надійності за елементами системи);

— аналіз системи:

1) якісний аналіз (визначення типів несправностей, механізмів відмов елементів та їх наслідків для системи, аналіз функціональної схеми системи, аналіз системи технічного обслуговування та ремонту, побудова структурних схем надійності системи);

2) кількісний аналіз (побудова математичних моделей надійності елементів і системи за показниками надійності, що розглядаються, одержання кількісних показників надійності шляхом розрахунку чи моделювання, проведення аналізу важливості відмов і чутливості, оцінка можливості вдосконалення характеристик системи на основі резервних підсистем і стратегій технічного обслуговування та ремонту);

— оцінка результатів аналізу (порівняння з показниками надійності, що вимагаються, та (або) рекомендації і заходи щодо забезпечення необхідних показників надійності, які можуть включати перегляд конструкції, визначення слабких місць, дисбалансів, режимів, заміну деталей з високим ризиком виникнення несправностей, розробку альтернативних шляхів підвищення надійності, здійснення компромісного аналізу й оцінку вартості варіантів конструкцій).

### 6.3 Загальні методи якісного аналізу

6.3.1 Виконання будь-якого кількісного аналізу надійності системи (об'єкта) передуює якісний аналіз.

Якісний аналіз відмови чи нормального стану може бути здійснений будь-яким із таких методів:

- дедуктивний метод (зверху вниз), наприклад, аналіз діагностичної о дерева відмов;
- індуктивний метод (знизу нагору), наприклад, аналіз характеру та наслідків відмов.

На практиці частіше використовується ітеративний підхід, коли дедуктивний та індуктивний аналізи доповнюють один одного.

### 6.3.2 Дедуктивний аналіз

Суть дедуктивного методу аналізу зводиться до необхідності послідовного переходу від найвищого рівня (від рівня системи чи підсистеми) до нижчих рівнів для визначення відхилень у роботі системи.

Аналіз виконується на наступному, нижчому рівні системи для виявлення буді якої несправності та режиму роботи, що здатні призвести до несправності, що виникла. Аналіз повторюється для усіх видів несправностей другого рівня методом проходження по функціональних шляхах і взаємозв'язках з наступним нижчим рівнем. Цей процес продовжується до найнижчого рівня системи.

Дедуктивний метод орієнтований на події. Він прийнятний на ранньому етапі вироблення тактико-технічних вимог до системи, коли деталі системи ще не повністю визначені. Він також використовується для визначення відмов декількох елементів (одночасно), включаючи відмови, що виникають послідовно, наявності тилових (зі спільною причиною) несправностей або в тому разі, коли складність системи вимагає почати аналіз із переліку несправностей системи або її сприятливих станів.

В усіх випадках слід привести один небажаний випадок чи сприятливий стан системи на найвищому рівні (верхня подія). Після цього встановлюються й аналізуються всі причини, які призвели до даної події.

### 6.3.3 Індуктивний аналіз

Суть індуктивного методу аналізу зводиться до визначення видів несправностей на рівні елементів. Вплив типу несправності на роботу системи переноситься на наступний, вищий рівень системи. Наслідок несправності переходить на тип несправності на наступному, вищому рівні системи і наслідки кожного типу несправностей аналізуються на даному рівні. Наступні повторювання забезпечують визначення наслідків несправностей на всіх функціональних рівнях до рівня системи. Цей індуктивний (знизу нагору) метод дає змогу точно визначити однотипні види несправностей. Оскільки визначенню підлягають види несправностей елементів, цей метод звичайно використовується на пізніших етапах конструювання.

### 6.4 Аналіз характеру та наслідків відмов

Аналіз характеру та наслідків відмов є індуктивним (знизу нагору) методом аналізу надійності,

який придатний для вивчення дефектів матеріалу, елементів та устаткування, а також механізмів їх впливу на наступний, більш вищий функціональний рівень системи. Повторення етапу (визначення видів однотипних несправностей та оцінка їх впливу на наступний, вищий рівень системи) забезпечує наступне визначення всіх однотипних видів несправностей системи. Аналіз характеру та наслідків відмов можна використовувати для аналізу систем різних технологій (електроустаткування, механіка, гідравліка, програмне забезпечення тощо) з простими функціональними структурами. Аналіз характеру наслідків і важливості несправностей характеризує наслідки відмов з точки зору частоти виникнення та серйозності наслідків.

Кількісні оцінки імовірності відмов розраховують безпосередньо на основі прогнозування безвідмовності, використовуючи дані аналізу характеру та наслідків відмов тощо. Серйозність наслідків визначають за спеціальною шкалою.

#### 6.5 Аналіз діагностичного дерева відмов

Аналіз діагностичного дерева відмов є дедуктивним (згори вниз) методом аналізу надійності системи. За допомогою цього методу визначають і аналізують умови та чинники, які призводять або сприяють виникненню небажаної події і які значною мірою впливають на характеристики системи, безпеку, економічність та інші показники.

Почавши з верхньої події, визначають можливі причини чи види несправностей (відмов) на наступному, нижчому функціональному рівні системи. Послідовне визначення небажаної роботи системи за нижчими рівнями призведе до найнижчого рівня системи. Причини на цьому рівні є типами несправностей елементів. Результати аналізу подають у вигляді діагностичного дерева відмов.

Кількісний аналіз виконують на основі дерева відмов. Для оцінки безвідмовності (надійності) та готовності системи використовують такі методи, як метод Булева скорочення та аналіз зрізаного ряду. В цьому разі потрібні дані щодо інтенсивності відмов, частоти ремонту, імовірності виникнення відмов тощо.

#### 6.6 Аналіз за допомогою блок-схеми надійності

Аналіз за допомогою блок-схеми надійності - це дедуктивний (згори вниз) метод аналізу надійності системи. Блок-схема надійності (структурна схема надійності ССН) - це графічне зображення логічної схеми системи у підсистемах і (або) елементах. Це дає змогу визначити шляхи сприятливого стану системи за тим, як пов'язані між собою блоки (підсистеми - елементи). Для побудови блок-схеми можуть бути використані різні методи якісного аналізу. Перший етап включає встановлення того, що є сприятливим станом системи. На наступному етапі систему поділяють на функціональні блоки відповідно до мети аналізу надійності. Деякі блок-схеми можуть відповідати підструктурам системи, які, у свою чергу, можуть бути подані іншими блок-схемами надійності (скорочення системи).

Для кількісної оцінки блок-схеми надійності існує декілька різних методів. Залежно від типу структури для прогнозування показники надійності та готовності можуть бути використані методи алгебри Буля, таблиці істинності та аналіз зрізаного ряду.

#### 6.7 Прогнозування надійності за кількістю елементів (лямбда-метод)

Це переважно індуктивний (знизу нагору) метод, що використовується на стадіях технічної пропозиції та початкового проектування для оцінки приблизної інтенсивності відмов системи. У цьому разі складають перелік елементів системи та відповідно до їх рівнів навантаження визначають інтенсивність відмов.

Цей метод ґрунтується на припущенні, що елементи мають послідовний логічний зв'язок. Це, як правило, оцінка найбільш несприятливого варіанта (найгіршого випадку). Якщо відомі стани резерву на вищих рівнях системи, то їх наслідки можуть бути взяті до уваги.

Прогнозування надійності з використанням лямбда-методу дає істотне зниження показників надійності (типу середнього наробітку до відмови, на відмову) при великій кількості елементів.

#### 6.8 Марковський аналіз

Марковський аналіз - це переважно індуктивний (знизу нагору) метод аналізу, який використовується для оцінки функціонально складних систем і стратегій технічного обслуговування та ремонту. Він ґрунтується на теорії марковських процесів.

Згідно з цим методом насамперед необхідно визначити всі стани та імовірності переходу системи з одного стану в інший (частоту відмов або ремонту, частоту подій тощо), які цікавлять дослідника. Частота переходів (частота відмов, подій) вважається сталою, тобто незалежною від часу чи передісторії.

Імовірності для елементів системи (компонентів, підсистем), що перебувають в якомусь конкретному (функціональному) стані у заданих точках або інтервалах часу, оцінюють за

допомогою математичних моделей.

Для проведення якісного аналізу потрібне визначення всіх можливих станів системи, поданих переважно у вигляді діаграми переходу з одного стану в інший. Основним методом аналізу є таблиця істинності.

Імовірності переходу та взаємозв'язок станів, які наведені у вигляді діаграми переходу станів, дають змогу створити необхідні матриці переходу (Математичні моделі) для розрахунку надійності системи.

#### 6.9 Імовірнісно-фізичний метод аналізу надійності

Імовірнісно-фізичний метод аналізу надійності передбачає використання імовірнісно-фізичних моделей надійності, параметри яких мають конкретну фізичну інтерпретацію та пов'язують значення імовірності відмови і фізичного (визначального) параметра, що призводить до відмови. Наприклад, математичні моделі процесів деградації у вигляді неперервних марковських процесів призводять до дифузійних розподілів наробітку до відмови (граничного стану), параметр масштабу яких є середньою швидкістю зміни визначального параметра, а параметр фірми збігається з коефіцієнтом варіації цієї швидкості.

Імовірнісно-фізичний метод аналізу надійності має важливу перевагу, яка полягає в тому, що кількісні оцінки показників надійності систем (елементів) визначають як на основі статистичної інформації про відмови, так і статистичної інформації про фізичні процеси, що призводять до відмов, використовуючи всю наявну інформацію (обох згаданих типів) у сукупності й окремо. Аналіз фізичних процесів деградації, що викликають відмови і несправності, та класифікація механізмів відмов дають змогу визначити переважаючий процес деградації об'єктів за заданих умов навантаження й оцінити досить точно таку важливу характеристику випадкових величин, як коефіцієнт варіації, використовуючи апріорну інформацію про коефіцієнти варіації відомих процесів руйнування. Коефіцієнт варіації наробітку до відмови (граничного стану) збігається з коефіцієнтом варіації процесу деградації, що призводить до відмов, і є одним із параметрів моделі надійності, яка шукається.

Імовірнісно-фізичний метод дає змогу, використовуючи інформацію про навантаженість деталей машин у часі і міцнісні характеристики матеріалу деталей, прогнозувати їх показники надійності (ресурс), а також показники надійності (у вигляді функції розподілу наробітку до відмови) елементів електронної техніки та електро-радіовиробів за додатковою інформацією про інтенсивність відмов, даними аналізу фізичних процесів їх деградації та умов навантаження.

Імовірнісно-фізичний метод дає змогу прогнозувати кількісні показники надійності системи (безвідмовність, довговічність) на основі показників надійності її складових частин. При цьому результатом розрахунку є визначення закону розподілу наробітку до відмови (між відмовами) на будь-який момент сумарного наробітку системи, що має резервування (або ні), з відновлюваними чи не відновлюваними компонентами.

Взаємозв'язок конкретних методів із загальною методикою аналізу наведено у таблиці 1. Порівняльний аналіз методів наведено у додатку Б.

Таблиця 1 - Взаємозв'язок конкретних методів із загальною методикою аналізу

Етап загальної методики	Метод аналізу					
	Аналіз характеру та наслідків відмов	Аналіз діагностичного дерева відмов	Аналіз за допомогою блок-схеми надійності	Прогнозування надійності за кількістю елементів! (лямбда-метод)	Марковський аналіз	Імовірнісно-фізичний метод аналізу надійності
Ідентифікація об'єкта	Специфікація та робота елемента	Функціональна і схема системи	Робота системи і підсистеми	Специфікація елементів і даних про відмови	Функція елемента, функціональна схема системи	Функціональна схема системи, специфікація елементів і даних про відмови
Визначення мети аналізу	Відмова на функціональному рівні першого порядку	Небажані події	Критерії сприятливого стану (чи відмови) системи	Відмова на функціональному рівні першого порядку	Критерії сприятливого стану (чи відмови) системи. Номенклатура показників надійності,	Критерії нероботоздатного стану системи. Номенклатура показників надійності, що вимагаються

Визначення вихідних даних	Стосовно елементів	Стосовно підсистем	Стосовно підсистем	Стосовно елементів	що вимагаються Стосовно підсистем	Стосовно підсистем
Аналіз системи: - якісний	Індуктивний (таблиць)	(Дедуктивний (аналіз діагностичного дерева відмов)	Дедуктивний (блок-схема)	Послідовна схема	Індуктивний-дедуктивний (діаграма зміни стану)	Індуктивний-дедуктивний (СШ), переважачий процес деградації елементів і підсистем
- кількісний	Аналіз серйозності несправностей, оцінка критичності та імовірності відмов	Розрахунок безвідмовності та готовності	Розрахунок безвідмовності та готовності	Розрахунок інтенсивності відмов системи	Розрахунок безвідмовності та готовності	Розрахунок безвідмовності, готовності, довговічності
Оцінка результатів аналізу	Чи задоволено вимогам щодо критичності? Виявлення критичних елементів. Класифікація технічного обслуговування елементів. Визначення найефективнішого варіанта компромісних рішень	Чи відповідає імовірність небажаної події вимогам? Виявлення типів відмов критичних підсистем. Визначення найефективнішого рішення, структури, технічного обслуговування тощо	Чи задоволено вимогам щодо безвідмовності та готовності? Виявлення критичних підсистем за безвідмовністю та готовністю. Визначення найефективнішого рішення, структури, резервування, технічного обслуговування, ремонту тощо	Чи задовольняє інтенсивність відмов системи вимогам? Визначення найбільшої інтенсивності відмов. Вибір найслабкіших елементів. Визначення витрат	Чи задоволено вимогам щодо безвідмовності та готовності? Виявлення критичних підсистем за безвідмовністю та готовністю. Визначення найефективнішої структури, резервування, технічного обслуговування, ремонту тощо	Чи задоволено вимогам щодо безвідмовності, готовності, довговічності? Виявлення критичних підсистем за безвідмовністю, готовністю, довговічністю резервування, технічного обслуговування, ремонту тощо.

**ДОДАТОК А**  
(рекомендований)

**Послідовність аналізу об'єкта на надійність на стадіях проектування, виготовлення та експлуатації**

Таблиця А.1

Стадія	Зміст заходів	Вид аналізу
Проектування, розробка	Розробка ПЗНр для стадії НДДКР. Вибір номенклатури та нормувань показників надійності об'єкта з урахуванням особливостей його конструктивного виконання, режимів та умов використання	Аналіз наявності та повноти ПЗНр. Аналіз надійності кращих вітчизняних та закордонних аналогів, складових частин, комплектуючих виробів. Аналіз умов експлуатації та зовнішніх чинників. Аналіз і обґрунтування вимог щодо надійності складових частин

<p>Розробка можливих схемно-конструктивних варіантів побудови об'єкта</p>	<p>Аналіз видів відмов і оцінка впливу наслідків відмов на працездатність об'єкта. Оцінка надійності варіантів об'єкта та вибір найкращого технічного рішення. Аналіз схемних і конструктивних рішень, що задовольняють заданим у ТЗ вимогам щодо надійності. Аналіз і уточнення оцінок показників надійності об'єкта в цілому та його складових частин для вибраного варіанту побудови об'єкта</p>
<p>Вибір та оптимізація елементної бази для реалізації кращого варіанта побудови об'єкта, опрацювання окремих схемних рішень</p>	<p>Аналіз інформації про надійність об'єктів-аналогів за даними експлуатації. Аналіз переліку елементів, рекомендованих до застосування, на відповідність вимогам щодо надійності. Аналіз переліку елементів, що лімітують надійність об'єкта, аналіз зовнішніх діючих чинників (ЗДЧ), що впливають на надійність елементів, складових частин та об'єкта в цілому. Аналіз способів захисту від ЗДЧ</p>
<p>Розробка схемо-технічних рішень складових частин та об'єкта в цілому</p>	<p>Аналіз і уточнення, схемного та конструктивного рішень об'єкта з метою забезпечення вимог ТЗ щодо надійності. Аналіз карт робочих режимів елементів. Аналіз надійності елементів, проведення теплових розрахунків і розрахунків на міцність, аналіз способів охолодження чи підігрівання, Аналіз переліку елементів, що лімітують надійність і підлягають вхідному контролю. Оцінка надійності об'єкта та перевірка відповідності її вимогам ТЗ щодо надійності</p>
<p>Експериментальна перевірка алгоритми, функціонування Розробка системи контролю</p>	<p>Аналіз запасів працездатності. Аналіз наслідків перевірки функціонування за екстремальних умов Аналіз системи контролю справності об'єкта під час експлуатації. Аналіз параметрів для діагностування несправностей. Аналіз повноти контрольних та діагностичних тестів. Аналіз методів попередження відмов і захисту від їх наслідків</p>
<p>Проведення випробувань макетів і дослідного зразка об'єкта</p>	<p>Аналіз ремонтпридатності. Аналіз програм і методик проведення випробувань макетів і дослідного зразка. Аналіз наявності та придатності комплексу спеціального випробувального обладнання. Аналіз системи метрологічного забезпечення випробувань. Аналіз причин несправностей та відмов, що виникли під час проведення випробувань об'єкта та розробка заходів щодо їх усунення. Аналіз експериментальної перевірки працездатності системи контролю та діагностування. Аналіз експериментальної перевірки безпеки та живучості при порушенні умов експлуатації. Аналіз інформації про результати випробувань дослідного зразка та оцінка відповідності вимогам ТЗ щодо надійності. Аналіз повноти проведеною коригування документації за результатами випробувань</p>
<p>Розробка системи технічного обслуговування та ремонту</p>	<p>Аналіз правил експлуатації об'єкта. Аналіз систем технічного обслуговування та ремонту. Аналіз методики формування комплексу ЗІП та оцінка його достатності для забезпечення вимог ТЗ щодо надійності. Аналіз ремонтної та експлуатаційної документації</p>

Встановлення на виробництво	Розробка технології виготовлення дослідного зразка об'єкта	Аналіз переліку технологічних процесів, що впливають на надійність об'єкта. Аналіз впливу стабільності технологічних процесів на надійність об'єкта
	Звіт про реалізацію ПЗН на стадії НДДКР	Аналіз реалізації ПЗН на об'єкт та його склткові частини. Аналіз ефективності коригування (в разі потреби)
	Розробка ПЗНв	Аналіз наявності та повноти ПЗНв.
	Оцінка підготовленості виробництва до виготовлення об'єктів з необхідним рівнем надійності	Аналіз рівня розробки технологічних процесів виробництва. Аналіз атестації технологічних процесів робочих місць. Аналіз методів контролю параметрів технологічних процесів, що лімітують надійність об'єкта. Аналіз можливостей щодо реалізації програм і методик випробувань
	Оцінка надійності технологічних систем	Аналіз точності та стабільності технологічних процесів
	Розробка системи контролю надійності під час виготовлення	Аналіз можливостей вхідного контролю сировини, матеріалів, комплектуючих елементів, контролю якості і виготовлення складових частин і об'єкта в цілому
	Виявлення технологічних параметрів, що впливають на надійність і безпеку, та організація їх контролю	Аналіз стану технічної оснащеності та організації служб контролю якості продукції. Аналіз рівня автоматизації технологічних процесів і контрольних операцій. Аналіз повноти та вірогідності контролю
	Організація системи обліку вимов об'єкта: виявлених під час виготовлення	Аналіз наявності та ефективності доопрацювання об'єкта
	Оснащення випробувальним устаткуванням та засобами контролю	Аналіз результатів атестації випробувального устаткування та засобів контролю
	Складання переліку засобів неруйнівного контролю і технічного діагностування та оснащення цими засобами	Аналіз повноти переліку засобів неруйнівного контролю та перевірка атестації цих засобів
Розробка режимів технологічного прогону	Аналіз правильності вибору режимів і тривалості технологічного прогону	
Розробка (чи) забезпечення необхідними НД і методичними матеріалами щодо забезпечення надійності під час виготовлення	Аналіз повноти переліку НД	
Випробування настановної серії	Аналіз повноти програм і методик випробувань. Аналіз відповідності об'єктів вимогам ТЗ щодо надійності. Аналіз причин виникнення несправностей та розробка заходів щодо їх усунення	
Коригування конструкторської та технологічної документації за результатами випробувань настановної серії	Аналіз наявності та ефективності доопрацювань об'єкта	
Збирання інформації про якість і надійність об'єкта за результатами контролю настановної серії	Аналіз системи технічного обслуговування та ремонту відносно вимог щодо надійності	
Навчання кадрів сучасним методам забезпечення надійності об'єктів на стадії виробництва	Аналіз рівня кваліфікації персоналу та якості програм навчання	

Серійне виробництво	<p>Розробка або уточнення програми забезпечення надійності на стадії серійного виготовлення</p> <p>Контроль за дотриманням конструкторської та технологічної документації</p> <p>Проведення технологічного прогону</p> <p>Збирання та аналіз інформації про надійність серійної продукції</p> <p>Аналіз рекламаций та причин відмов</p> <p>Проведення заходів щодо усунення причин технологічних відмов</p> <p>Атестація технологічних процесів і робочих місць</p>	<p>Аналіз повноти програми забезпечення надійності</p> <p>Аналіз повноти контролю. Аналіз результатів приймально-здавальних випробувань</p> <p>Аналіз ефективності техно-логічного прогону</p> <p>Аналіз системи збирання інформації про надійність</p> <p>Аналіз наявності та ефективності доопрацювань об'єкта</p> <p>Аналіз системи гарантійного обслуговування, перевірка обґрунтованості гарантійних термінів</p> <p>Аналіз результатів атестації технологічних процесів</p>
Введення в експлуатацію	<p>Контроль надійності комплектуючих виробів</p> <p>Контроль за дотриманням технологічної дисципліни</p> <p>Організація та проведення періодичних випробувань</p> <p>Розробка та реалізація заходів щодо усунення причин відмов, які виявлені під час періодичних випробувань</p> <p>Організація та проведення навчання обслуговуючого персоналу правилам забезпечення надійності</p> <p>Розробка нормативної та методичної документації із забезпечення надійності під час експлуатації</p> <p>Підготовка місць експлуатації при використанні техніки</p> <p>Організація обліку інформації про відмови</p> <p>Вивчення інформації про несправності, які виявлені під час введення об'єктів в експлуатацію</p> <p>Оцінка якості монтажних робіт</p> <p>Проведення випробувань об'єктів на міцці експлуатації та оцінка їх працездатності</p> <p>Звіт про реалізацію ПЗНв на стадії виробництва</p>	<p>Аналіз результатів вхідного контролю</p> <p>Аналіз ефективності контролю. Перевірка кваліфікації персоналу</p> <p>Аналіз програм і методик періодичних випробувань. Аналіз причин виникнення несправностей</p> <p>Аналіз наявності та ефективності доопрацювань об'єкта</p> <p>Аналіз програми навчання</p> <p>Аналіз повноти НД</p> <p>Атестація робочих місць</p> <p>Аналіз первинних форм обліку інформації</p> <p>Аналіз ефективності доопрацювань об'єкта</p> <p>Аналіз якості монтажних робіт</p> <p>Аналіз програм і методик випробувань</p> <p>Аналіз реалізації ПЗНв</p>
Експлуатація	<p>Розробка ПЗНе</p> <p>Контроль за дотриманням правил експлуатації</p> <p>Збирання та аналіз інформації про надійність об'єктів та їх складових частин</p> <p>Коригування ЗІП</p>	<p>Аналіз наявності та повноти ПЗНе</p> <p>Аналіз експлуатаційних документів (інструкцій з експлуатації). Аналіз дотримання правил безпеки</p> <p>Аналіз ефективності виявлення причин відмов. Аналіз системи збирання інформації про ладінність</p> <p>Аналіз достатності ЗІП</p>

Ремонт	Коригування періодичності технічного обслуговування та ремонту	Аналіз ефективності впровадження засобів технічної, діагностики. Аналіз функціонування засобів автоматизованого контролю експлуатаційних параметрів
	Підготовка ремонтного виробництва до виконання заходів щодо забезпечення рівня надійності відремонтованої техніки	Аналіз індустріальних методів ремонту. Аналіз фірмового ремонту. Аналіз можливості відновлення зношених деталей (елементів)
	Навчання персоналу правилам забезпечення надійності під час проведення ремонту	Аналіз програм навчання
	Оцінка технічного стану об'єктів, що надійшли у ремонт	Аналіз засобів технічної діагностики. Аналіз результатів атестації засобів технічної діагностики
	Проведення випробувань відремонтованих об'єктів	Аналіз програм і методик випробувань. Аналіз ефективності дослідження причин відмов відремонтованих об'єктів
	Коригування ремонтної документації	Аналіз ефективності доопрацювання об'єкта
	Звіт про реалізацію ПЗН на стадії експлуатації	Аналіз реалізації ПЗНе
<p>Примітка. У таблиці використано скорочення:  НДДКР - науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи;  ПЗНр - програма забезпечення надійності на стадії проектування та розробки;  ПЗНв - програма забезпечення надійності на стадії виробництва;  ПЗНе - програма забезпечення надійності на стадії експлуатації.</p>		

## ДОДАТОК Б (інформаційний)

Переваги та недоліки кількісних методів аналізу надійності

Б.1 Аналіз характеру та наслідків відмов

Б.1.1. Переваги:

- дає змогу визначити взаємозв'язок причин та наслідку;
- визначити види відмов, які можуть призвести до серйозних проблем (зокрема таких, що можуть вплинути на інші елементи);
- дослідити невідомі раніше або неточні наслідки відмов;
- визначити наслідки, що виникли в результаті конкретних причин або подій;
- виявити невірні наслідки, а також відхилення від нормальних робочих характеристик;
- використовується для попереднього аналізу нових або неапробованих систем або елементів.

Б.1.2 Недоліки:

- вихідні дані можуть мати великий обсяг навіть для відносно простих систем;
- за відсутності достатньо прямого («одноланцюгового») зв'язку між причиною та наслідком метод може стати складним і некерованим, тобто не може використовуватись при наявності паралельних або складних зв'язків;
- з утрудненнями розглядає часові послідовності, процеси відновлення, умови навколишнього середовища, аспекти технічного обслуговування тощо;
- з утрудненнями подає чисельні залежності чи складні взаємозв'язки між несправностями в різних частинах системи.

Б.2 Аналіз діагностичного дерева відмов

Б.2.1 Переваги:

- дає змогу визначати та фіксувати логічні шляхи відмови (несправності) від конкретного наслідку до першопричини;
- аналізувати шляхи одночасної відмови двох або більшого числа елементів, відмови резервованого чи альтернативного елемента;
- розглядати більшість видів комбінаторних подій, а також деякі види залежностей;
- досліджувати системи з декількома підсистемами, що перетинаються;
- аналізувати шлях відмов з метою одержання мінімальних логічних моделей (наприклад, за

допомогою алгебри Буля);

- виразити логічні моделі відповідними показниками імовірності;
- визначати причини і характер відмов, які можуть вплинути на верхню подію чи наслідок аналізу;
- знаходити можливі причини кінцевого результату, якщо вони не були визначені завчасно;
- доцільний при проведенні загального аналізу відмов, коли аналіз розпочинається з одного чи двох важливих наслідків.

#### Б.2.2 Недоліки:

- при проведенні аналізу в глибину дерево може досягати дуже великих розмірів;
- у різних частинах дерева може трапитися одна й та сама подія, що здатна призвести до заплутування та помилки, хоч цю ситуацію можна виправити автоматично і логічно;
- не дає шляхів переходу з одного стану в інший якої-небудь події;
- для кожної верхньої події потрібна побудова окремого діагностичного дерева, взаємозв'язок між різними деревами вимагає особливого вивчення;
- головні причини, які визначаються за допомогою дерева і ведуть до верхньої події, стосуються тільки події, що аналізується (такі причини можуть призвести до інших подій);
- метод спрямований на аналіз несправностей або відмов і не розрахований на аналіз стратегій складного ремонту та технічного обслуговування чи аналіз загальної готовності.

#### Б.3 Блок-схема надійності

##### Б.3.1 Переваги:

- може бути майже безпосередньо побудована з функціональних діаграм системи, що зменшує похибки при побудові діаграм та (чи) поданні функціональних шляхів, які стосуються надійності системи;
- дає змогу охопити майже всі типи конфігурацій системи, що включають паралельні, надлишкові, резервні та альтернативні функціональні шляхи;
- досліджувати більшість комбінаторних подій та деякі види залежностей;
- здійснювати повний аналіз параметрів на основі зміни функціональних показників системи;
- аналізувати (у випадку двох станів) функціональні (чи нефункціональні) шляхи з метою одержання мінімальних логічних моделей (наприклад, використовуючи алгебру Буля);
- може служити для аналізу чутливості з метою визначення деталей, які найбільш сприяють надійності системи в цілому;
- створювати моделі для оцінки надійності та готовності всієї системи в межах імовірності;
- дає компактні та точні діаграми системи в цілому.

##### Б.3.2 Недоліки:

- не забезпечує аналіз специфічної відмови, тобто не виявляє причинно-наслідкових чи наслідково-причинних шляхів;
- вимагає імовірнісної моделі показників кожного елемента діаграми;
- не дає опису невірних або неочікуваних результатів, якщо фахівець у галузі аналізу не вживе спеціальних заходів;
- спрямована, в основному, на аналіз виконання задач і не розрахована на аналіз стратегій комплексного ремонту та технічного обслуговування чи аналізу загальної готовності.

#### Б.4 Прогнозування надійності за кількістю елементів

##### Б.4.1 Переваги:

- витрати часу та коштів на проведення аналізу незначні;
- метод вимагає невеликого обсягу інформації та даних і використовується на початкових стадіях розробки конструкції;
- на початкових стадіях розробки конструкції збирається основна інформація щодо надійності елементів;
- придатна для автоматизованих розрахунків;
- вимагає незначного навчання;
- використовується для аналізу вузлів будь-якої складності за наявності даних щодо надійності.

##### Б.4.2 Недоліки:

- функціональна структура (наприклад, резервування на низькому рівні) системи не може бути досліджена й, отже, аналізуватися можуть тільки прості конструкції;
- рівень прогнозування, як правило, невисокий, особливо для невеликих підсистем, що є наслідком сильного розкиду показників опублікованих даних;

- не охоплюються ремонт і технічне обслуговування;
- неможлива оцінка характеру відмов, механізмів відмов та їх наслідків;
- неможливо врахувати події та відмови, що відбуваються у часовій послідовності.

## Б.5 Марковський аналіз

### Б.5.1 Переваги

- дає безпосередню стохастичну (імовірнісну) модель станів системи на основі її логічної схеми;
- дає імовірнісні рішення для підсистем інших моделей, таких як логічні діаграми та дерево відмов;
- використовується у ситуаціях і при наслідках, що характеризуються декількома станами до рівня елементів;
- може бути послідовностями подій у вигляді схеми чи порядку виникнення;
- використовується при розрахунку показників готовності системи;
- дає змогу аналізувати комплексний ремонт і залежності.

### Б.5.2 Недолік :

- може бути дуже складним для моделей з великою кількістю станів системи;
- не сприяє логічному рішенню проблеми;
- як правило, залежить від гіпотези про сталість показників переходу з одного стану в інший;
- може подавати тільки комбінаторні події шляхом створення нового стану для кожної комбінації.

## Б.6 Імовірнісно-фізичний метод аналізу надійності

### Б.6.1 Переваги:

- повніше використовує статистичну інформацію як про відмови, так і про фізичні процеси, що спричиняють вимови і несправності;
- дає змогу визначити практично весь спектр показників безвідмовності, довговічності, готовності та ремонтпридатності;
- оцінити необхідні показники надійності (повну характеристику - закон розподілу) компонентів (деталей машин, виробів радіо- та електронної техніки) на основі доступної інформації;
- прогнозувати показники надійності системи, яка має надмірність і ненадмірність, з відновлюваними або невідновлюваними компонентами;
- як наслідок використання повнішої статистичної та апріорної інформації, оцінки показників надійності, що прогнозуються на основі імовірнісно-фізичного методу (дифузійних розподілів народітку) є точнішими.

### Б.6.2 Недоліки:

- не дає опису невірних або неочікуваних наслідків, якщо фахівець у галузі аналізу не вживе спеціальних заходів;
- не враховує припрацювання.

**Ключові слова:** аналіз видів, аналіз навантажень та діянь, аналіз надійності, елемент системи, критерії відмови, механізм відмови, прогнозування надійності, програма забезпечення надійності, система