

ВСТУП

Надійність як наука є досить “молодою”. Її становлення припадає на середину ХХ ст. і було зумовлене практичними потребами людей. Проте люди почали цікавитися питаннями надійності техніки, яку створили, ще задовго до виникнення науки про надійність. З перших кроків розробки техніки виникла необхідність зробити технічний пристрій надійним. Довгий період часу надійність не було змоги вимірювати кількісно. Раніше користувалися поняттями: висока та низька надійність тощо. А це дуже ускладнювало її об’єктивну оцінку. Великим поштовхом у становленні надійності як науки став розвиток техніки.

Випробування надійності покращувалися переважно у напрямку проведення прискорених натурних неруйнівних випробувань. Паралельно розвивалися методи математичного моделювання і їх поєднання з натурними випробуваннями. У підсумку до 50-х рр. ХХ ст. сформувалися основи теорії надійності та її основні напрямки. Із розвитком техніки ускладнювалися проблеми обчислення її надійності. Тому предметом досліджень надійності є технічні вироби, пристрої. Об’єктом є підсистеми, функційні одиниці, пристрої та їх елементи, споруди, машини, апаратура. До предмета вивчення надійності зараховують: причини, які призводять до відмови об’єктів, розробку методів і засобів кількісного вимірювання надійності, методів розрахунку та проведення випробувань, визначення закономірностей, яким ці відмови підкоряються, розробка шляхів і способів підвищення надійності. Започатковані наукові методи в дослідженні надійності базувалися на встановленні кількісних показників надійності, а також шляхів їх вимірювання і розрахунку. Спочатку необхідно зібрати і опрацювати статистичні дані про відмови виробів. На їх основі констатували міру надійності. Подальший розвиток теорії надійності полягав у вдосконаленні ймовірнісних методів дослідження, розрахунку та випробування для виробів, які враховують випадковий тип відмов, визначенні законів розподілу напрацювання до відмови тощо. На основі цього виникли нові напрямки у дослідженні надійності. Вони полягали у аналізі фізичних і хімічних процесів у системах, встановленні зв’язків між показниками надійності і характеристиками

процесів, вдосконаленні способів розрахунку надійності систем зі складною структурою, пошуку нових методів підвищення надійності, прогнозуванні відмов і показників надійності, врахуванні все більшої кількості факторів, таких як: правдивість вихідних даних, перевірка і профілактика, визначення умов роботи і обслуговування тощо, які часто використовують в автоматичних системах управління (далі – АСУ) [1–3].

Наука про надійність враховує кілька взаємопов'язаних наукових дисциплін: термодинаміку, технічну діагностику, теорію ймовірності та випадкових процесів, математичну логіку тощо. До найважливіших питань теорії надійності зараховують забезпечення і оцінку надійності складних кібернетичних систем [4, 5]. Наука про надійність змінюється разом із розвитком техніки, оскільки вона сильно пов'язана з іншими науками: теорією ймовірностей, математичною статистикою та теорією ймовірнісних процесів, математичною логікою, теорією графів, дослідженням операцій, теорією інформації, технічною діагностикою, теорією моделювання, проектуванням систем і технологічних процесів тощо. За допомогою цих наук можна: сформулювати математичні основи теорії; враховувати випадковість подій і процесів, що виникають в системі; представити складні логічні залежності між станами системи та її комплектуючими частинами. Вони дозволяють обґрунтовано вирішувати завдання надійності [6, 7].

До основних напрямків розвитку теорії надійності належать такі:

1. Розвиток математичних основ теорії надійності, що сформували математичну теорію надійності. До цього напрямку належить узагальнення статистичних даних про відмови. На їх основі здійснюють розробку інструкцій з підвищення надійності об'єктів. Визначають математичні залежності між відмовами, а також розробляють методи визначення кількісних характеристик надійності та розрахунків її показників.

2. Розвиток методів збору й опрацювання статистичних даних про надійність, на основі яких виникла статистична теорія надійності. В її межах здійснюють опрацювання накопиченої великої кількості статистичної інформації про надійність та знаходять залежності відмов.

3. Розвиток фізичної теорії надійності полягає у дослідженні фізико-хімічних процесів. Вони полягають у вивченні фізичних причин, що призводять до відмов; впливи старіння і міцності матеріалів на надійність, різноманітних зовнішніх і внутрішніх впливів на працездатність об'єктів.

У конкретних галузях техніки розроблялися і продовжують розроблятися прикладні питання надійності у напівпровідникових приладах, суднових установках, транспортних машинах, обчислювальній техніці, авіації тощо. При цьому вирішується також питання найбільш раціонального використання загальної теорії надійності в конкретній галузі техніки і ведеться розробка нових додатків, методів і прийомів, що відображають специфіку певного виду техніки. Так виникла прикладна теорія надійності, зокрема прикладна теорія надійності АСУ.

Випробування з надійності проводять на стадіях розробки та експлуатації виробу [8, 9]. Спочатку досліджують застосування нових матеріалів та елементів, що володіють покращеними фізичними і хімічними характеристиками. Аналізують різноманітні варіанти принципово нових конструктивних рішень із використанням резервування; заміною напівпровідникових приладів інтегральними схемами; вибором оптимальних робочих режимів; захистом від несприятливих внутрішніх і зовнішніх умов; розробкою надійних програм і заводського кодування інформації; вживання ефективного контролю за технічним станом виробу; діагностування причин виникнення стану відмови; передбачення майбутнього стану з метою запобігання виникненню відмов.

У процесі виробництва досліджують [10–13]:

- використання сучасних технологій у обробці матеріалів та методів з'єднання елементів;
- використання ефективних методів статистичного та автоматизованого контролю якості операцій та виробів у технологічному процесі;
- розробку раціональних способів виявлення прихованих виробничих дефектів;
- випробування надійності виробів для виявлення ненадійних.

Під час експлуатації досліджують:

- забезпечення заданих режимів та умов експлуатації виробів;
- проведення робіт із профілактики шляхом забезпечення виробів запасними елементами, вузлами і деталями, а також інструментами та матеріалами;
- діагностичний контроль запобігання виникнення відмов.

Отже, поняття надійності в основному стосується технічних засобів (далі – ТЗ). Тому для виявлення потенційних проблем на ранніх стадіях життєвого циклу виробу необхідно проводити випробування на надійність. Лише в цьому випадку можна бути впевненим у відповідності системи виконувати визначені вимоги. Більшість існуючих систем є складними. Для них проводять випробування як цілої системи, так і кожної окремо її компоненти, пристрою, підсистеми. Виявлення впливу зовнішніх факторів на окремі компоненти виробу дають змогу попередити недоліки на вищому рівні інтеграції [17–19]. Проте на це необхідно затратити час і кошти. Для цього проводять прискорені і неруйнівні випробування у динамічно змінному середовищі та застосовують методи планування експерименту і моделювання. При цьому використовують моделі прискорення життя, які враховують: старіння, втому, знос та деградацію систем зі складною структурою із сотнями тисяч елементів у ході їх експлуатації. Такі статистичні моделі є добре адаптованими для аналізу даних про відмови. Часто їх тестують при змінних у часі стресових навантаженнях. Також вони є необхідними, якщо наявні процеси деградації, які, своєю чергою, можуть залежати від цих стресових навантажень.

У цьому навчальному посібнику описано підходи до розрахунку характеристик надійності відновлюваних та невідновлюваних систем, основними елементами яких є технічні завдання. Наведено приклади розрахунку характеристик надійності для кожного виду систем. Особливу увагу приділено практичному аспекту застосування теоретичного матеріалу для вирішення прикладних задач.