

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

ТЕКСТИ (конспект лекцій) з дисципліни

"Дослідження та випробування технічних систем"
для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
("Колісні та гусеничні транспортні засоби"),
усіх форм навчання

Частина 4 - змістовий модуль 2.
Експериментальні дослідження, випробування
та сертифікація складних технічних систем

2019

ТЕКСТИ (конспект лекцій) з дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" ("Колісні та гусеничні транспортні засоби") усіх форм навчання. Частина 4 - змістовий модуль 2. Експериментальні дослідження, випробування та сертифікація складних технічних систем / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 66 с.

Укладачі: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;
О.В. Дударенко, доцент, канд.техн.наук;
А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук;
А.В. Щербина, доцент, канд.техн.наук

Рецензенти: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук;
С.М. Турпак, професор, д-р.техн.наук

Відповідальний за випуск: А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри «Автомобілі»
Протокол № 8
від « 22 » лютого 2019.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 72
від « 15 » березня 2019.

ЗМІСТ**Частина 4**

Вступ	164
Тематичний план лекційних занять	166
Лекція № 11. Проведення технічних вимірювань при випробуваннях та дослідженнях технічних систем.....	169
Лекція № 12. Випробування технічних систем на надійність	184
Лекція № 13. Формування результатів випробувань.....	196
Лекція № 14. Сертифікація складних технічних систем	207
Рекомендована література	224
Основна	224
Додаткова	224

ВСТУП

Дисципліна "Дослідження та випробування технічних систем" формує у майбутніх фахівців загальне уявлення про характер взаємодії елементів складних технічних систем, якими є сучасні автомобілі. Оскільки до надійності та інших найважливіших характеристик технічних систем висуваються високі вимоги, також є необхідність їх подальшого вдосконалювання, все це ставить перед інженерно-технічними працівниками завдання одержання нових наукових знань, для цілеспрямованого пошуку й об'єктивної оцінки конструктивно-технічних рішень.

У свою чергу одержання нових знань пов'язане із проведенням двох рівнів досліджень: емпіричних, з використанням натурних експериментів, і теоретичних, на основі побудови математичних моделей, адекватних досліджуваному об'єкту.

Отже дисципліна "Дослідження та випробування технічних систем" відіграє в цьому процесі важливу роль, тому що в ній з досить високим ступенем узагальнення викладаються всі основні аспекти системного підходу й дається інструмент для орієнтації в обраній спеціальній області техніки.

Дана дисципліна дозволяє погодити між собою різні навчальні курси й пояснити студентам мету їх вивчення. Такий підхід буде сприяти кращому розумінню зв'язків між окремими елементами системи навчання й змістом багатьох підручників.

Тому що теорія технічних систем робить зрозумілою студенту всю систему навчання й проясняє місце окремих дисциплін, наприклад термодинаміки як спеціальної теорії процесів у теплових машинах, або опору матеріалів як загального вчення про міцність — в технічній системі в цілому.

Крім того, саме знання технічних систем дає системний огляд спеціальної проблематики, завдяки чому легше виявляються пробіли, які необхідно ліквідувати при повторенні навчального матеріалу, і одночасно висуває взаємозв'язки між спеціальними дисциплінами на передній план.

Після закінчення вивчення дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем", студент повинен **знати:**

- закономірності еволюції та тенденції технічного розвитку технічних систем;

- рівні класифікації, загальні ознаки, категорії та перелік необхідних властивостей технічної системи;
- роль випробувань та експериментальних досліджень в процесі проектування та створення технічних систем;
- методи випробування технічних систем з використанням фізичного та математичного моделювання;
- знати технічні засоби для проведення випробувань та досліджень технічних систем;
- методи проведення технічних вимірювань при випробуваннях та дослідженнях технічних систем;
- знати правила сертифікації складних технічних систем.

вміти:

- проводити критичний аналіз сутності, моделі та структури технічної системи;
- оцінювати необхідні якості та властивості технічної системи і на основі цього приймати необхідні конструкторські рішення;
- проводити необхідні експериментальні дослідження та випробування в процесі створення складних технічних систем;
- проводити імітаційне моделювання при створенні складних систем;
- проводити технічні вимірювання та робити обробку експериментальних даних під час випробувань систем;
- проводити сертифікацію складних технічних систем за відповідними стандартами.

володіти:

- навичками аналізу складних технічних систем при прийнятті конструктивних рішень;
- навичками проведення випробувань в процесі проектування та створення технічних систем;
- знаннями методів проведення експериментальних досліджень, випробувань та сертифікації складних технічних систем.

Матеріал, викладений у даному конспекті лекцій, надає студентам необхідну інформацію з кожного з розділів навчальної програми курсу "Дослідження та випробування технічних систем", і допоможе студентам досягти необхідного рівня знань, практичних навичок та умінь.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

Загальний об'єм курсу становить 28 годин і складається з двох змістових модулів. Даний конспект лекцій дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" складається з двох частин, і розроблений відповідно до:

Робоча програма з дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" для студентів за напрямом підготовки 6.05050305 – "Машинобудування", спеціальністю 133 - Галузеве машинобудування (Колісні та гусеничні транспортні засоби), усіх форм навчання. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 19 с.

Нижче наведено назву першого змістового модуля дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем", найменування тем лекційних занять в модулі і вказано кількість годин аудиторних занять, для студентів денної форми навчання, окремо для кожної лекції.

Для кожної теми лекції вказано перелік питань які треба розглянути під час даної лекції. Слід враховувати те, що в даному конспекті лекцій приведено лише стислий огляд питань кожної лекції. Крім того навчальним планом дисципліни передбачено активну самостійну роботу студентів за вказаними темами курсу.

Вкінці кожної лекції наведено перелік питань для самоперевірки. Для самостійної роботи студенту слід користуватися рекомендованою літературою для вивчення дисципліни, перелік якої наведено в кінці даного конспекту лекцій, а також використовувати розроблені методичні вказівки:

Методичні вказівки з вивчення дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" ("Колісні та гусеничні транспортні засоби"), усіх форм навчання. / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 58 с.

Змістовий модуль 2. Експериментальні дослідження, випробування та сертифікація складних технічних систем.

Тема 8. Експериментальні дослідження складних технічних систем.

Загальні відомості. Планування та проведення експериментальних досліджень.

Тема 9. Випробування складних технічних систем.

Загальні відомості. Види випробувань: стендові, ходові (натурні), експлуатаційні, прискорені та форсовані. Планування та програма випробувань. Методика випробувань.

Тема 10. Технічні засоби для проведення випробувань та досліджень технічних систем.

Загальні відомості. Датчики. Підсилювачі.

Тема 11. Проведення технічних вимірювань при випробуваннях та дослідженнях технічних систем.

Основні поняття та визначення. Методи вимірювання зношення. Модельний експеримент. Методи обробки експериментальних даних. Перевірка статистичних гіпотез.

Тема 12. Випробування технічних систем на надійність.

Короткі відомості з теорії ймовірностей і математичної статистика. Випадкові величини. Статистичні методи досліджень. Основні показники надійності. План і програма випробувань. Обробка і оформлення результатів випробувань.

Тема 13. Формування результатів випробувань.

Загальна структурна схема формування результатів випробувань. Точностні характеристики результатів випробувань. Формування результатів контрольних та повторних випробувань. Методи підвищення точності результатів випробувань.

Тема 14. Сертифікація складних технічних систем.

Основні поняття. Системи сертифікації: міжнародні, регіональні, національні. Статистичні методи при сертифікації. Особливості сертифікації складних технічних систем. Сертифікація і менеджмент.

ЛЕКЦІЯ № 11. ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ ТА ДОСЛІДЖЕННЯХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

План лекції. Основні поняття та визначення. Методи вимірювання зношення. Модельний експеримент. Методи обробки експериментальних даних. Перевірка статистичних гіпотез.

Література: [2], с.133-177.

Метою експерименту є пошук параметрів фізичних явищ, властивості (фізичні величини) яких можна прямо або побічно виміряти, використовуючи засоби вимірів. У результаті обробки кількісних значень фізичних величин виявляються закони, що зв'язують ці величини у вигляді функціоналів або рівнянь різного виду.

Фізичні величини діляться на основні, які не зводяться одна до іншої й похідні, які визначаються рівняннями, що містять основні фізичні величини. Фізичні величини вимірюються в системі SI - Міжнародній системі одиниць (Système International d'Unités) прийнятій у 1960 році (російською мовою – СИ).

Система SI містить у собі 7 основних одиниць: довжини – метр, маси – кілограм, часу – секунда, сили електричного струму - ампер, термодинамічної температури – кельвін, сили світла – кандела, кількості речовини – моль. Усі ці величини характеризуються кінцевою точністю й пов'язані з фундаментальними постійними.

Якщо при розрахунках значення усіх величин виражені в одиницях СИ, у формули непотрібно вводити переводні коефіцієнти, що залежать від вибору одиниць.

Чутливість засобу виміру – це відношення виміру сигналу на виході переміщення Δl (стрілки або іншого показчика) до викликаной зміни Δx вимірюваної величини:

$$S = \Delta l / \Delta x. \quad (11.1)$$

Ціна ділення - різниця значень величин, що відповідає двом сусіднім оцінкам шкали а (інтервал поділу шкали). Її можна визначити по формулі:

$$C = a/S, \quad (11.2)$$

Діапазон показань - найбільше й найменше значення розміру, які можна відррахувати по шкалі.

Погрішність виміру - різниця між результатами виміру й дійсним значенням вимірюваної величини. Погрішності вимірів підрозділяються на систематичні, випадкові й грубі (промахи).

Систематичною називається погрішність, постійна по величині й знаку, значення якої при повторних вимірах повторюється або закономірно змінюється.

Випадковою називається погрішність, що приймає при повторних вимірах однієї й тієї ж величини й у рівних умовах, різні по величині і знаку значення. Вона оцінюється середнім квадратичним відхиленням σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N}}, \quad (11.3)$$

де x_i - результати вимірів;

N - число вимірів;

$\bar{X}$ - середнє арифметичне ряду вимірів;

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N}. \quad (11.4)$$

Гранична випадкова погрішність:

$$\Delta_{\text{lim}} = \pm 2 \sigma. \quad (11.5)$$

Гранична випадкова погрішність при спільному впливі випадкових погрішностей від окремих величин Δ_{limi} визначається по формулі

$$\Delta_{\text{lim}\Sigma} = \pm \sqrt{\sum \Delta_{\text{limi}}^2}. \quad (11.6)$$

У сучасних технічних науках існує багато методів вимірів.

Методи вимірювання зношування.

Існують різноманітні методи виміру зношування від найпростіших, коли звичайними засобами роблять вимір розмірів деталей що зношуються, до методів, що використовують ядерно-фізичні процеси. Область застосування тих або інших методів виміру зношування визначають:

- поставлена мета дослідження;
- необхідна точність виміру;
- можливість виміру малих зношувань;
- час, необхідний для виміру зношування;
- можливість виміру зношування в умовах експлуатації без розбирання, а в ряді випадків без зупинки машини;
- витрати часу й засобів, необхідних для всього циклу підготовки, здійснення й обробки результатів виміру.

Найбільш доцільні диференціальні методи, які дозволяють визначити розподіл зношування по всій поверхні тертя й оцінити той вплив, який виявляє нерівномірність зношування на вихідні параметри виробу. У ряді випадків застосовуються методи оцінки зношування по вихідних параметрах виробу або сполучення.

Вимір величини зношування по втраті ваги або обсягу деталі застосовується, як правило, при дослідженні зразків і непридатний для більшості деталей машини. Оцінку зношування по зміні вихідних параметрів сполучення дає лише непряма уява про величину зношування внаслідок причин, зазначених вище.

Розглянемо основні методи, застосовувані для виміру зношування поверхонь тертя при роботі різних сполучень в умовах їх експлуатації або випробування.

Визначення зношування по змісту продуктів зношування в змащенні. Цей метод часто називають "визначення масла в залізі", він заснований на узятті проби у відпрацьованому маслі, де нагромадились продукти зношування у вигляді металевих часток, окислів металів і продуктів хімічної взаємодії металів з активними компонентами змащення.

Хімічний метод заснований на визначенні змісту заліза та інших продуктів зношування в золі спаленої масляної проби.

Спектральний метод заснований на визначенні змісту металевих домішок у змащенні за допомогою спектрального складу полум'я при спалюванні проби масла.

Радіометричний метод заснований на вимірі радіоактивності

продуктів зношування, що втримуються в мастилі по нагромадженнях у масляному фільтрі. Радіоактивність деталей створюється введенням радіоактивних ізотопів у плавку або в покриття.

Активаційний метод має загальні риси зі спектральним і радіометричним, тобто зміст продуктів зношування визначається по їхній радіоактивності за допомогою аналізу спектрів гамма-випромінювання.

Метод мікрометрирування не враховує специфіку зношування. При цьому методі неможливо оцінити зношування в процесі роботи машини, більш того для оцінки величини зношування потрібна вимірювальна база. Якщо така база відсутня, то можна виміряти лише діаметр зношеної поверхні в різних перетинах і оцінити середнє значення зношування стосовно номінального розміру, або визначити викривлення форми поверхні.

При малих значеннях зношування застосовують профілографування. У цьому випадку про зношування судять по профілограмі, знятої з вихідної й зношеної поверхонь. Оцінку зношування проводять накладенням профілограм одна на одну.

Дуже часто за базу ухвалюють саму поверхню що зношується.

На цьому заснований **метод штучних баз**. При цьому методі на поверхні, що зношується, наносять поглиблення строго певної форми у вигляді конуса, піраміди й т.п. і по зменшенню розмірів поглиблення (відбитка) судять про величину зношування. Він призначений для визначення місцевого лінійного зношування поверхні в тих місцях, де нанесені бази.

Варіантами цього методу є **метод відбитків**. При цьому методі для утвору поглиблення застосовують алмазну чотиригранну піраміду із квадратною основою й кутом при вершині між протилежними гранями в 136° . Про зношування судять по зменшенню діагоналі відбитка й по зменшенню його глибини. Недоліком цього методу є спучування матеріалу при вдавненні піраміди й відновлення поглиблення після зняття навантаження. Також у якості відбитка використовують лунку, яка наноситься різцем. Точність методу лунок $\pm(1...2)$ мкм.

Метод поверхневої активації заснований на вимірі зниження радіоактивності при зношуванні досліджуваної деталі, у якій на заданій ділянці створений радіоактивний обсяг глибиною 0,05...0,4 мм шляхом опромінення ділянки зарядженими частками.

Величина зношування деталі визначається за графіком за раху-

нок зниження радіоактивності деталі. Цей метод дозволяє контролювати зношування без розбирання й зупинки машини. Рівень радіації, рівний 10 мКи не вимагає радіаційного захисту. При вимірі зношування великогабаритних деталей роблять спеціальні вставки, які проходять поверхневу активацію.

Модельний експеримент (теорія розмірності).

Вивчення будь-якого натурального явища, що протікає в машині дуже трудомісткий процес, що робить експериментальне дослідження, не тільки складним, часом і неможливим. Тому його проводять на модельній системі, властивості якої можна легко міняти, змінюючи граничні умови, тобто скористатися **законами подоби**.

Два процеси називаються подібними, якщо вони підкоряються тим самим фізичним законам і всі фізичні величини, що характеризують один процес, можна перетворити у величини для іншого процесу множенням на постійні коефіцієнти, називані **коефіцієнтами подоби**.

Так індексом "о" фізичної величини позначається параметр оригіналу, а індексом "м" параметр моделі. Буква k є коефіцієнтом подоби з індексом, що відповідає досліджуваній фізичній величині.

Геометрична й тимчасова подоба оцінюються відношеннями:

$$l_o = k_l l_m, \quad (11.7)$$

$$t_o = k_t t_m. \quad (11.8)$$

Кінематична подоба:

$$v_o = (k_l/k_t) v_m. \quad (11.9)$$

Безрозмірні величини, що характеризують фізичні процеси називають **критеріями подоби**.

Експериментальні дані і їх обробка.

Експериментальні дослідження є невід'ємною частиною будь-якої науково-дослідної роботи. При їх проведенні реєструються різні факти протікаючих процесів і подій штучного й природнього походження.

Джерелами експериментальних даних є:

- результати спостереження за реальними об'єктами й процесами що протікають у них, які можуть проводитися в ході випробувань або в ході звичайної експлуатації;
- результати моделювання об'єктів (у першу чергу імітаційного моделювання);
- технічні, економічні, наукові звіти й огляди, що публікуються у різних виданнях, наприклад, відомості про результати випробувань або про характеристики однотипних пристроїв різних виробників;
- результати опитувань фахівців та інші джерела.

Обробка експериментальних даних, одержуваних від різних джерел, є типовою (стандартною), тому пропонується методика може застосовуватися для різних галузей науки, але організація їх збору й інтерпретація специфічні для конкретної предметної області.

Однією з основних форм представлення експериментальних даних (результатів експерименту) є символічна, яка включає їхнє представлення у вигляді графіків, тексту, осцилограм та ін. Такі дані обробляють безпосередньо або попередньо перетворюють у числову форму.

Якісні ознаки результатів експерименту вимірюються на основі номінальних і порядкових шкал. **Номінальні шкали** забезпечують тільки групування об'єктів за ознакою наявності в них деяких загальних властивостей, але не дозволяють проводити ранжирування об'єктів. **Порядкові шкали** забезпечують можливість упорядкування даних за ознаками "більше", "менше", "рівно", але при цьому не вказується, на скільки одне значення ознаки більше або менше іншого.

Кількісні властивості відображаються числами у відносних або абсолютних шкалах вимірів. Застосування відносних і абсолютних шкал дає можливість проводити кількісну обробку експериментальних даних. Однак, при обробці слід застосовувати тільки ті операції, які допускаються застосовуваною шкалою вимірів.

У відносних шкалах початок відліку й масштаб вимірів мають умовний характер. Наприклад, температуру можна вимірювати у відносних шкалах по Цельсію, Реомюру, Фаренгейту. У цьому випадку, наприклад, температура одного об'єкта вище температури іншого на три градуси Цельсія, ці три градуси не рівні трьом градусам шкали Фаренгейта. **Абсолютна шкала** забезпечує однозначну виставу точки відліку й масштабу. Наприклад, шкала температур по Кельвіну або

шкала ймовірностей. Вони дозволяють дати однозначні відповіді про те, на скільки або в скільки раз одна величина більше (менше) іншої.

Кількісні характеристики (параметри) представляються дискретними або безперервними величинами. Дискретні параметри ухваляють тільки окремі значення, без проміжних значень між ними. Часто дискретні параметри мають таку велику кількість припустимих значень, що їх на практиці вважають квазібезперервними, які здатні ухвалювати будь-які значення із припустимого діапазону величин.

У процесі обробки безперервні величини завжди округляють і представляють обмеженим числом розрядів, що забезпечують відносно погіршеність не більше встановленої величини.

Надалі мова буде вестися про числову форму представлення інформації, що кількісно характеризує параметри об'єктів і процесів, що не залежать від часу. Якщо немає особливих допущень, досліджувані параметри вважаються безперервними величинами, якщо особливо не обумовлене інше.

Відомо, що результати спостережень носять детермінований або випадковий характер. Більшість подій і процесів при дослідженнях можна вважати випадковими, тобто в якості об'єкта обробки розглядаються сукупності числових даних, що характеризують не залежні від часу випадкові значення безперервних параметрів.

Наприклад, показники продуктивності й надійності, носять ймовірнісний характер і не можуть бути безпосередньо обмірювані. Для їхньої оцінки слід застосовувати непрямі способи на основі реєстрації відповідних первинних параметрів і наступної обробки накопичених даних із залученням спеціальних математичних методів. Інакше кажучи, ці дані являють собою лише набори можливих випадкових значень показників, зареєстрованих у деякі моменти часу.

Наприклад, тривалість наробітків до відмови деякої сукупності однотипних пристроїв можна розглядати як безліч можливих випадкових значень показника "наробіток до відмови". Саме по наробітках оцінюється значення цього показника, який характеризується законом розподілу, моментами розподілу або іншими параметрами, які й слід визначити. У цьому випадку **цілями обробки експериментальних даних є:**

- оцінка значень показників якості засобів, комплексів або системи в цілому. На стадіях створення така оцінка проводиться в інтересах обґрунтування прийнятих розв'язків по створен-

ню машин і комплексів, перевірки показників на відповідність вимогам, виявлення істотних факторів, що впливають на їхнє функціонування, виявлення причин невідповідності вимогам. На стадії експлуатації обробка експериментальних даних проводиться також для розв'язку завдань керування об'єктом (зміни режимів роботи об'єкта; зміни порядку обробки інформації; обґрунтування даних для модернізації об'єкта; адаптації об'єкта до умов функціонування);

- стиск інформації про функціонування системи, її узагальнення для наступного застосування в інтересах дослідження подібних об'єктів, обґрунтування даних для створення нових систем;
- виявлення закономірностей, істотних параметрів і функціонування об'єкта в конкретних умовах експлуатації, тобто встановлення залежностей між параметрами об'єкта, зовнішнього середовища й показниками якості об'єкта. Виявлені закономірності застосовують для пошуку оптимальних значень параметрів при синтезі нових систем і спрощеного опису об'єкта в моделі суперсистеми;
- вивчення типології й прогнозування розвитку об'єктів (розпізнавання образів, класифікація об'єктів);

Слід пам'ятати, що результати обробки експериментальних даних необхідно розглядати тільки лише як більш-менш удачу апроксимацію відповідних характеристик.

Необхідність збору й обробки даних обумовлена тим, що дійсні значення показників якості суттєво відрізняються від розрахункових, тому що при проектуванні доводиться вводити істотні допущення й обмеження, які на практиці не цілком слушні через відсутність повних і точних уявлень про характеристики процесів, що протікають в об'єкті й у зовнішньому середовищі.

Таким чином, фактичні значення показників якості не тільки відрізняються від розрахункових, але й міняються із часом, мають свої особливості для тих самих типів об'єктів, експлуатованих у різних організаціях, перетерплюють коливання, що залежать від часу, характеру виконуваних на об'єкті робіт.

Залежно від стадії життєвого циклу, завдання обробки експериментальних даних мають ряд особливостей. На стадії створення є принципова можливість проведення активних (можливість вибору об-

сягу експериментів, послідовності й значень характеристик впливів на об'єкт за бажанням дослідника) і пасивних (кількість спостережень, послідовність і значення впливів визначаються реальною обстановкою використання об'єктів) експериментів.

Активні експерименти проводяться на завершальних стадіях створення машини у вигляді випробувань дослідних зразків, фрагментів систем і т.п. Активний експеримент побудований на теорії планування експерименту й дозволяє розширити діапазон умов, при яких проводиться оцінювання якості або інші параметри системи.

Спеціальним образом підібрані умови проведення дослідження й порядок завдання зовнішніх впливів, тобто раціонально обгрунтовані плани експериментів, забезпечують взаємну статистичну незалежність результатів випробувань. Ці обставини значно полегшують обробку результатів експерименту, підвищують якість одержуваних оцінок, дозволяють розділити вплив різних факторів при побудові моделі.

У пасивних експериментах дослідник не має змоги керування якістю й кількістю експериментальних даних. Нестационарні умови експлуатації, вплив на об'єкти періодичних або нерегулярно мінливих впливів (трендів) обумовлюють необхідність розгляду характеристик не як випадкових величин, а як випадкових функцій. Однак через слабку розробленість методів і засобів оцінки параметрів випадкових процесів за результатами спостереження звичайно передбачається, що процес функціонування об'єкта носить стаціонарний або частково стаціонарний характер.

На стадії експлуатації можливості проведення активних експериментів обмежені або взагалі відсутні, що приводить до взаємної залежності результатів спостережень. Це утрудняє обробку отриманих даних. Ігнорування даної обставини приводить до зсуву значень одержуваних оцінок, неможливості поділу впливу різних факторів на показники функціонування й до інших небажаних наслідків.

Експериментальна оцінка припускає розв'язок ряду взаємозалежних завдань, які носять прикладний характер:

- складання переліку реєстрованих параметрів, необхідних для обчислення оцінок показників;
- вибір моментів і способів реєстрації первинних параметрів;
- вибір або розробку методів перетворення експериментальних даних для оцінювання необхідних показників;

- розробку алгоритмів виміру, створення програмних, інформаційних та інших засобів, що реалізують відповідні процедури реєстрації, зберігання, обробки й видачі даних.

Складання переліку реєстрованих параметрів (визначення інформаційної потреби) містить у собі кілька етапів.

- визначення складу властивостей об'єкта й зовнішнього середовища, що підлягають експериментальній оцінці;
- послідовна декомпозиція складних властивостей до рівня простих, однозначно характеризованих відповідними показниками;
- вибір показників, що характеризують кожну властивість або їх групи, з урахуванням специфіки реалізації конкретних функцій об'єкта;
- формування статистичного визначення кожного оцінюваного показника й деталізація кожного параметра до рівня таких величин, які можуть бути обмірювані (зареєстровані) у ході спостереження за роботою об'єкта. Наприклад, реєстрації й наступній обробці підлягають наступні відомості: час початку й завершення процесу роботи машини з деталізацією по типах. Сукупність окремих величин і кількість типів необхідно розглядати як набір заданих вихідних даних;
- об'єднання первинних реєстрованих параметрів, використовуваних при оцінці різних показників, що дає інформаційну потребу. При цьому слід ураховувати неоднорідність даних по призначенню й режимам роботи. Ігнорування неоднорідності приводить до зсуву оцінок.

Вибір моментів і способів реєстрації первинних параметрів ґрунтується на аналізі складу реєстрованих відомостей, можливостей апаратних і програмних засобів. При цьому недоцільно створювати або застосовувати спеціальну апаратуру, а краще використовувати програмні засоби, частина яких входить до складу типових операційних систем і для їхнього застосування потрібно провести всього лише налаштування.

Існують два основні способи реєстрації - **реєстрація системних подій і періодична реєстрація**.

Перший спосіб передбачає виконання операцій реєстрації початкових відомостей (проведення вимірів) у ході виконання керуючих програм операційної системи або програм прикладних завдань.

Другий спосіб припускає включення спеціальної програми реєстрації через певні проміжки часу "фотографування". Цьому способу підлягають різного роду системні таблиці.

Перевагою першого способу є висока точність реєстрації й обробки вимірюваних величин. Реалізація цього способу складніша, ніж іншого, оскільки потрібне включення відповідних програмних компонентів у безліч інших програм, що ускладнює організацію їх розробки й збільшує потребу в ресурсах на створення й виконання. Крім того, застосування першого способу утрудняє проведення модернізації вимірювальних засобів (доводиться переробляти великий обсяг програм).

Другий спосіб суттєво простіший в реалізації й модифікації, тому що засоби вимірів залишаються відносно автономними в конструктивному відношенні й відносно включення їх у роботу. Застосування даного способу припускає вибір деякого спектра частот включення в роботу засобів реєстрації відповідно до інерційності процесів, що протікають у досліджуваному об'єкті й у зовнішньому середовищі. Вибір частоти реєстрації проводять із урахуванням мінімізації витрат ресурсів комплексу на проведення вимірів при забезпеченні заданої точності реєстрації параметрів.

Враховуючи переваги й недоліки зазначених способів, їх слід застосовувати спільно: одна частина відомостей реєструється на основі системних подій, а інша - на основі моментних знімків.

Вибір або розробка методів перетворення експериментальних даних для оцінювання необхідних показників припускає формалізацію опису процедур первинної, попередньої й основної обробки результатів реєстрації.

Первинна обробка даних спрямована на перетворення зареєстрованих величин до виду зручного для наступного зберігання й обробки. При цьому не потрібне застосування складного математичного апарата. У ході первинної обробки дані зазнають "стиску" (наприклад, результат реєстрації заноситься у відповідний класифікаційний розряд статистичного ряду) і записуються в спеціальні масиви. Основна особливість алгоритмів реєстрації й первинної обробки полягає в необхідності їх реалізації в реальному масштабі часу із твердими обмеженнями на час включення й виконання.

Попередня обробка даних пов'язана з їхнім узагальненням, сортуванням по системних подіях і періодам спостереження.

Основна обробка зареєстрованих даних спрямована на визначення тих показників і функцій, які впливають із цілей експериментального дослідження. Реалізація відповідних процедур передбачає широке використання складного математичного апарату з великим обсягом обчислень.

Виконання процедур реєстрації й обробки неминуче пов'язано із внесенням *помилки, джерелами яких є:*

- інструментальні помилки, пов'язані з погрішністю процедур реєстрації (наприклад, із затримками включення в роботу) і можливими збоями в їхнім виконанні;
- методичні помилки, які визначаються прийнятими допущеннями й обмеженнями використовуваних методів первісної й попередньої обробки (представлення безперервних величин дискретними значеннями, узагальнення вимірів у вигляді класифікаційного статистичного ряду і т.п.). Методичні помилки мають як випадковий, так і систематичний характер.

Результати обробки даних носять приватний характер, і без належного обґрунтування по них не можна робити узагальнюючі висновки щодо аналогічних об'єктів, що функціонують в інших умовах.

Методи обробки експериментальних даних спираються на базові поняття теорії ймовірностей і математичної статистики. До них належать поняття генеральної сукупності, вибірки, емпіричної функції розподілу.

Обробка експериментальних даних по методу найменших квадратів дозволяє одержати різні емпіричні залежності. Вона ґрунтується на попередньому виборі емпіричної формули. Формула буде тим точнішою, чим більше теоретичних представлень вкладено в неї.

Отже на першому етапі задаються видом формули, а потім, користуючись результатами дослідів, розділяють значення постійних величин, що входять у формулу. При цьому помилка між даними експерименту й емпіричною залежністю повинна бути рівна 0.

Перевірка статистичних гіпотез.

Найпростішим методом імітаційного моделювання при повній відсутності яких-небудь правил поведінки є статистичні випробування по методу Монте-Карло. Одержання вибірок по методу Монте-Карло – це основний принцип комп'ютерного моделювання систем, що містять стохастичні або імовірнісні елементи.

Зародження методу пов'язане з роботою фон Неймана й Улана наприкінці 1940-х рр., коли вони ввели для нього назву "Монето-Карло" і застосували його до розв'язку деяких завдань екранування ядерних випромінювань. Цей математичний метод був відомий і раніше, але своє друге народження знайшов у Лос-Аламосі в закритих роботах з ядерної техніки, які велися під кодовим позначенням "Монте-Карло".

Застосування методу виявилось настільки успішним, що він одержав поширення й в інших областях, зокрема в моделюванні організаційних процесів в автосервісі й автоперевезеннях.

Тому багатьом фахівцям термін "метод Монте-Карло" іноді представляється синонімом терміна "імітаційне моделювання", що в загальному випадку невірно.

Імітаційне моделювання - це більш широке поняття, і метод Монте-Карло є важливим, але далеко не єдиним методичним компонентом імітаційного моделювання.

Згідно з методом Монте-Карло, проектувальник може моделювати роботу тисячі складних систем, що управляють тисячами різновидів подібних процесів, і досліджувати поведінку всієї групи, обробляючи статистичні дані.

Інший спосіб застосування цього методу полягає в тому, щоб моделювати поведінку системи керування на дуже великому проміжку модельного часу (кілька років), причому астрономічний час виконання моделюючої програми на комп'ютері може скласти частки секунди.

Застосування додатків Microsoft Excel для розв'язку завдань, пов'язаних з імітаційними моделями, в основному базується на даному методі, оскільки він є основою одержання модельних вибірок за заданим законом розподілу.

У різних завданнях складних систем, що зустрічаються при створенні, можуть використовуватися **величини, значення яких визначаються випадковим образом**. Прикладами таких величин є:

- випадкові моменти часу, у які надходять замовлення на фірму;
- завантаження виробничих ділянок або служб об'єктів автосервісу;
- зовнішні впливи (вимоги або зміни законів, платежі по штрафах та ін.);
- оплата банківських кредитів при покупці автомобіля;

- надходження коштів від замовників підприємств автосервісу;
- помилки вимірів при проведенні випробувань нових моделей автомобілів.

У якості відповідних їм змінних можуть використовуватися число, сукупність чисел, вектор або функція. Однієї з різновидів методу Монте-Карло при чисельному розв'язку завдань, що включають випадкові змінні, є метод статистичних випробувань, який полягає в моделюванні випадкових подій.

Метод Монте-Карло заснований на статистичних випробуваннях і по своїй природі є екстремальним, може застосовуватися для розв'язку повністю детермінованих завдань, таких, як обіг матриць, розв'язок диференціальних рівнянь у частинних похідних, відшукування екстремумів і чисельне інтегрування, оскільки при обчисленнях методом Монте-Карло статистичні результати виходять шляхом повторюваних випробувань. Імовірність того, що ці результати відрізняються від дійсних не більше ніж на задану величину, є функція кількості випробувань.

В основі обчислень по методу Монте-Карло лежить випадковий вибір чисел із заданого імовірнісного розподілу. При практичних обчисленнях ці числа беруть із таблиць або одержують шляхом деяких операцій, результатами яких є псевдовипадкові числа з тими ж властивостями, що й числа, одержувані шляхом випадкової вибірки. Є велика кількість обчислювальних алгоритмів, які дозволяють одержати довгі послідовності псевдовипадкових чисел.

Застосування методу Монте-Карло може дати істотний ефект при моделюванні розвитку процесів, натурне спостереження процесу в небажаних напрямках, але й оцінювати гіпотези про параметри небажаних ситуацій, до яких приведе такий розвиток, у тому числі й параметрах ризиків.

Існують різні *методи перевірки статистичних гіпотез*. Найбільше широко використовуються на практиці критерії:

- згоди χ^2 (хі-квадрат);
- Крамера-фон Мізеса;
- Колмогорова-Смірнова.

За більш детальною інформацією по цій темі треба звертатися до спеціалізованої літератури з методів проведення експериментальних досліджень та математичної обробки даних.

Питання для самоперевірки

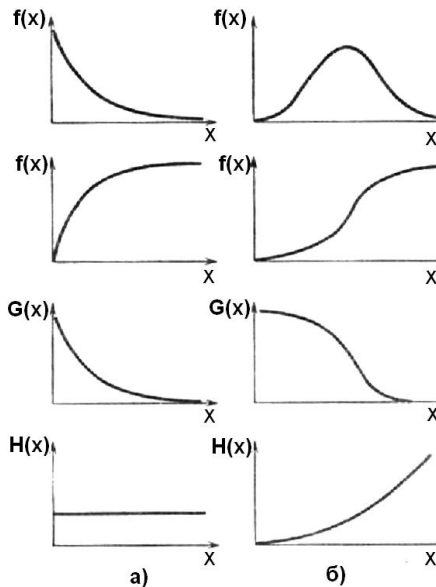
1. Що є метою проведення експериментальних досліджень?
2. Які 7 основних одиниць містить у собі система SI?
3. Що таке діапазон показань?
4. Якою називається систематична погрішність?
5. Як класифікуються методи зношування?
6. Що визначає область застосування методів виміру зношення?
7. Назвіть основні методи вимірювання зношування поверхонь тертя?
8. Для чого проводиться модельний експеримент?
9. Що є джерелом експериментальних даних?
10. Що є метою обробки експериментальних даних?
11. Коли проводяться активні експерименти?
12. Яка мета проведення пасивних експериментів?
13. Що таке первинна обробка даних?
14. На чому ґрунтуються методи обробки експериментальних даних?

ЛЕКЦІЯ № 12. ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА НАДІЙНІСТЬ

План лекції. Короткі відомості з теорії ймовірностей і математичної статистики. Випадкові величини. Статистичні методи досліджень. Основні показники надійності. План і програма випробувань. Обробка і оформлення результатів випробувань.

Література: [2], с.178-225.

Випадкова величина - це чисельне значення вимірюваних (реєстрованих) параметрів які заздалегідь невідомі. Якщо кількість значень випадкової величини скінченна, то така величина називається дискретною. Безперервні випадкові величини заповнюють увесь проміжок часу. Характеристикою випадкової величини є закон розподілу, зв'язок між значеннями випадкової величини та їх ймовірностями. Існує чотири способи опису законів розподілу (рис.12.1).



а - експонентний розподіл, б - нормальний розподіл
Рисунок 12.1 - Графіки функцій $f(X)$, $F(X)$, $G(X)$ і $H(X)$
для різних розподілів

Щільність (диференціальна функція) розподілу $f(x)$.
Інтегральна функція розподілу:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx \quad (12.1)$$

Зворотна інтегральна функція розподілу:

$$G(x) = 1 - F(x) = 1 - \int_{-\infty}^x f(x)dx \quad (12.2)$$

Функція інтенсивності:

$$H(x) = \frac{f(x)}{G(x)}. \quad (12.3)$$

Зазначені характеристики є рівнозначними способами опису законів розподілу. На рис. 12.1 наведені графіки перерахованих функцій для експонентного й нормального закону розподілів.

Диференціальна функція $f(x)$ - відбиває специфічні риси закону розподілу. Функції $F(x)$ і $G(x)$ дозволяють безпосередньо відраховувати значення ймовірностей влучення випадкової величини в задані інтервали. Функція інтенсивності $H(x)$ у теорії надійності здобуває конкретний фізичний зміст.

Статистичний метод дослідження випадкової величини.

Розподіли ймовірностей випадкових величин, можуть бути одержані двома шляхами: аналітичного дослідження й обробки експериментальних даних. У першому випадку закон розподілу розглянутої випадкової величини знаходиться на основі аналізу її фізичної природи й певних математичних викладень. У другому випадку необхідний збір експериментальних даних - статистики, яка може бути отримана в результаті спеціально поставленого експерименту. Відповідна обробка накопиченої статистики дозволяє аналітично описати обумовлений розподіл ймовірностей.

Шлях експериментального визначення законів розподілу (статистичне дослідження) випадкових величин відіграє важливу роль, тому що при будь-якому самому ретельному аналітичному дослідженні, остаточний висновок належить експерименту. Шляхом статистичного дослідження можуть бути отримані будь-які функції розподілу й чис-

лові характеристики випадкової величини, які називаються статистичними функціями розподілу й статистичними числовими характеристиками.

Відомо, що питання статистичного дослідження випадкових величин вивчаються в курсі математичної статистики, до завдань якої відносяться:

- побудова статистичних функцій розподілу випадкових величин;
- визначення статистичних числових характеристик;
- визначення статистичних параметрів закону розподілу, якщо тип цього закону заздалегідь відомий;
- статистичне визначення типу закону розподілу;
- статистична перевірка, гіпотез.

Останні два завдання тісно пов'язані між собою. Тут тип закону розподілу випадкової величини визначається шляхом висування й статистичної перевірки ряду гіпотез.

Нагадаємо шляхи розв'язку перших трьох завдань.

Вихідними даними для статистичного дослідження випадкової величини X найчастіше є набір m спостережених її реалізацій x_i , тобто значення випадкової величини, прийняте в даному досліді.

Реалізація виду $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m$ називається простою статистичною сукупністю, яку зручно записувати у вигляді таблиці із двома рядками: у першому вказується номер i -ї реалізації (від 1 до m), у другому - відповідні значення x_i .

З метою більш наочного відображення вихідного статистичного матеріалу він представляється у вигляді впорядкованої статистичної сукупності варіаційного ряду, де номери (від 1 до m) привласнюються реалізаціям у порядку зростання значень цих реалізацій.

При великих m ($m > 50$) статистичний матеріал зазнає попередньої обробки. Увесь діапазон значень x_i (від $x_i = x_{\min}$ до $x_m = x_{\max}$) розбивається на k інтервалів I : $I_1 = (x_1, x_2)$; $I_2 = (x_2, x_3)$; ... $I_k = (x_k, x_{k+1})$.

Величини інтервалів I_j можуть бути нерівні. Підраховується кількість реалізацій m_j , що потрапили в кожний інтервал, і обчислюється частота p_j влучення реалізації в j -й інтервал по формулі:

$$p_j = \frac{m_j}{m}. \quad (12.4)$$

З теорії ймовірностей очевидні тотожності:

$$\sum_{j=1}^k m_j = m, \quad \sum_{j=1}^k \eta_j = 1. \quad (12.5)$$

Далі будується таблиця (12.1), із чотирма рядками: у першому рядку вказується номер інтервалу (j), у другий - границі інтервалу, у третій й четвертий - відповідні значеннями m_j та η_j .

Таблиця 12.1 – Інтервали розподілу величин

N	1	2	...	j	...	k
I_j	$x_1 \dots x_2$	$x_2 \dots x_3$	...	$x_j \dots x_{j+1}$	...	$x_k \dots x_{k+1}$
m_j	m_1	m_2	...	m_j	...	m_k
η_j	η_1	η_2	...	η_j	...	η_k

Таке представлення вихідних статистичних даних називається статистичним рядом. При виборі границь інтервалів x_j , x_{j+1} намагаються, щоб у кожний інтервал потрапило від 5 до 10 реалізацій (цим обумовлюється можливість нерівності інтервалів).

При рівних інтервалах обробка статистичного ряду спрощується. Однак при дослідженні випадкових величин із суттєво нерівномірними розподілами часто доводиться вибирати більш вузькі інтервали статистичного ряду в областях великої концентрації реалізацій і більш широкі - в областях малої концентрації.

Для наочного представлення статистичного ряду будується полігон розподілу. Для цього на горизонтальній осі будуються інтервали $I_1 \dots I_k$ (рис. 12.2). У центрі кожного інтервалу відновлюється перпендикуляр, висота якого в масштабі вибирається рівної η_j . Вершини перпендикулярів з'єднуються відрізками прямих. Отримана ламана лінія і являє собою полігон розподілу.

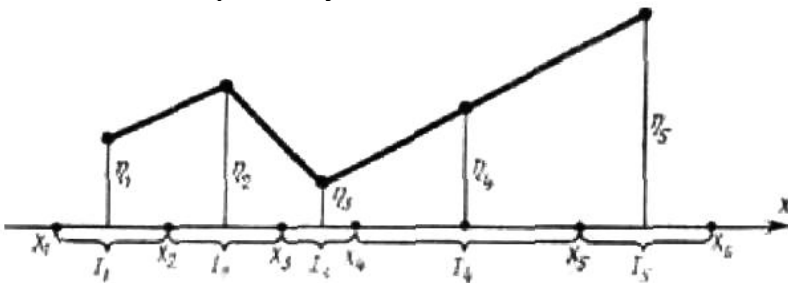


Рисунок 12.2 - Полігон розподілу

Також на основі статистичного ряду будуються графіки статистичних функцій розподілу досліджуваної випадкової величини. Для побудови статистичної функції щільності розподілу $f(x)^2$ на горизонтальній осі будуються інтервали статистичного ряду. На кожному інтервалі I_j , як на підставі, будується прямокутник, висота якого (l_j) визначається як відношення частоти до ширини інтервалу по формулі:

$$l_j = \frac{\eta_i}{x_{j+1} - x_j}. \quad (12.6)$$

Сукупність прямокутників являє собою гістограму розподілу (рис. 12.3). Незважко побачити, що сума площ усіх прямокутників гістограми дорівнює 1, тобто:

$$\sum_{j=1}^k l_j (x_{j+1} - x_j) = \sum_{j=1}^k \eta_j = 1. \quad (12.7)$$

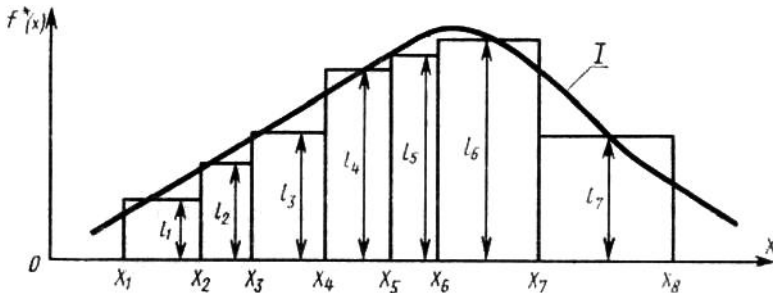


Рисунок 12.3 - Гістограма розподілу

Огинаюча гістограми (крива I на рис. 12.3) являє собою статистичний еквівалент функції щільності розподілу випадкової величини X.

Статистичний ряд дозволяє побудувати також статистичний еквівалент інтегральної функції розподілу. Відмітимо, що n_j являє собою частоту влучення випадкової величини X в j-й інтервал у даному статистичному матеріалі. У той же час $F(x)$ є ймовірність влучення X в інтервал $(-\infty, x)$. Отже, якщо x_1 є нижня границя першого інтервалу, то $F(x_1)=0$. На інтервалі I_1 інтегральна ймовірність зростає на величину n_1 , на інтервалі I_2 - на величину n_2 і т.д. до останнього k-го інтервалу, на якому вона зростає на величину n_k і досягає значення, рівному 1

(рис. 12.4).

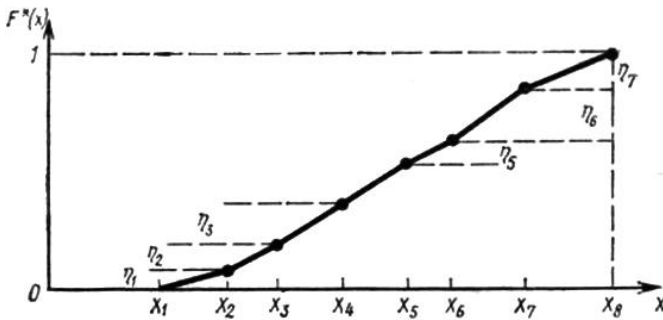


Рисунок 12.4 - Статистична інтегральна функція розподілу

Нескладно побудувати й статистичну зворотну інтегральну функцію розподілу й функцію інтенсивності, скориставшись співвідношеннями (12.2) і (12.3).

На основі графіків статистичних функцій розподілу легко знаходяться статистичні еквіваленти таких точкових числових характеристик, як мода (M_0), медіана (M_e) та ін. Легко знаходяться також по графіках $F(x)$ і $G(x)$ інтервальні характеристики виду $A(x_1, x_2)$ і квантілі.

Статистичні початкові й центральні моменти розподілу обчислюються по формулах:

математичне очікування (статистичне середнє)

$$M(x) = \bar{X} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i \quad (12.8)$$

дисперсія

$$D(x) = S^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{X})^2 \quad (12.9)$$

середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = S = \sqrt{D(x)} \quad (12.10)$$

коефіцієнт варіації

$$v = \frac{\sigma}{\bar{X}} \quad (12.11)$$

Вище описаний лише один з можливих способів вибору параметрів аналітичної моделі закону розподілу, заснований на умові рівності аналітичних і статистичних моментів як основного критерію.

Оцінки числових характеристик.

Якщо на основі результату експерименту над випадковими величинами визначаються деякі числові характеристики досліджуваної випадкової величини, то слід ясно розуміти, що одержувані в такий спосіб цифри можуть відрізнятися від шуканих дійсних значень.

У зв'язку із цим значення числових характеристик, одержувані шляхом статистичних досліджень, прийнято називати оцінками, підкреслюючи тим самим можливість розбіжності їх з дійсними значеннями. У математичній статистиці різняться два види статистичних оцінок - точкові та інтервальні.

Нехай досліджується випадкова величина X і потрібно знайти статистичну оцінку її числової характеристики V_x . Це означає, що по накопичених статистичних даних необхідно визначити деяку величину V_x^* яку можна було б використовувати в розрахунках замість невідомого дійсного значення V_x , не роблячи при цьому великих помилок.

Позначимо наявні статистичні дані $a_1, a_2, \dots, a_m$.

Величина V_x^* , одержувана в результаті виконання певної операції над вихідними статистичними даними, називається точковою оцінкою числової характеристики V_x .

Отже, приймаючи в розрахунках величину V_x^* замість V_x , ми свідомо допускаємо можливість помилки. Величина цієї помилки й імовірність її залежать від розподілу V_x^* .

Для виявлення ефективних оцінних функцій у математичній статистиці використовується ряд методів: метод максимальної правдоподібності, метод моментів, міні-максний метод та ін.

При використанні точечної оцінки V_x^* у різних розрахунках замість V_x дуже важливо знати межі можливої помилки та яка її вірогідність, тобто точність та достовірність використовуваної точечної оцінки V_x^* .

Точність статистичних оцінок прийнято характеризувати шириною інтервалу (π), усередині якого з деякою ймовірністю (Q) перебуває дійсне значення шуканої числової характеристики, а вірогідність - величиною ймовірності Q .

Оцінки, які утримують відомості про точність і вірогідність отриманих результатів, називаються інтервальними. Важливість і необхідність інтервальних оцінок (як доповнення до точечних) можна проілюструвати наступними міркуваннями. Якість точечної оцінки, природно тим вище, чим на більшому статистичному матеріалі вона

отримана. Тим часом, точкова оцінка сама по собі не несе ніякої інформації про обсяг даних, на якому вона отримана. У результаті цього, одержавши різними шляхами дві точечні оцінки однієї й тієї ж величини, ми не маємо ніяких підстав для того, щоб віддати перевагу одній з них.

У той же час, ці оцінки можуть бути отримані на зовсім різному (за обсягом) статистичному матеріалі, і якість їх (точність і вірогідність) може бути зовсім різною. Таким чином, точечні та інтервальні оцінки дуже добре доповнюють одна одну: точечна оцінка дає конкретну цифру, яка може бути безпосередньо використана в розрахунках, а інтервальна оцінка дає характеристику її точності й вірогідності.

Між двома сторонами інтервальної оцінки - точністю й вірогідністю існує тісний зв'язок. Якщо точність оцінки визначити як ширину інтервалу, побудованого навколо B_x^* та обмежуючого значення B_x , а достовірність Q як вірогідність знаходження B_x^* в тому інтервалі, то при фіксованому об'ємі вихідних статистичних даних ($m = \text{const}$) будь-яка спроба підвищити точність (зменшити ширину інтервалу) неминує призводити до зниження достовірності та навпаки.

Для побудови інтервальних оцінок у математичній статистиці використовується підхід, що ґрунтується на довірчому інтервалі. Ширину інтервалу π характеризує точність одержуваної оцінки, а ймовірність Q - її вірогідність мають назву довірчого інтервалу й довірчої ймовірності.

Основна особливість, що відрізняє π та Q полягає в тому, що вони характеризують тільки властивості (обсяг) використаних статистичних даних і зовсім не враховують властивостей шуканої характеристики як випадкової величини.

На основі наявних статистичних даних ($a_1, a_2, \dots, a_m$), крім точкової оцінки B_x^* , визначаються також верхня й нижня довірна границі $B_{xв}$ та $B_{xн}$, тобто для будь-якого набору значень ($a_1, a_2, \dots, a_m$) заздалегідь відома вірогідність Q того, що інтервал $(B_{xн}, B_{xв})$ "накриває" дійсне значення шуканої числової характеристики B_x^* .

Таким чином

$$Q = \text{Вер} \{ B_{xн} < B_x^* < B_{xв} \} \quad (12.12)$$

Інтервал $(B_{xв} \text{ та } B_{xн})$ є довірчим інтервалом, а ймовірність Q - довірчою ймовірністю.

Основні показники надійності та їх кількісне описання.

По визначенню надійністю називається властивість виробу виконувати задані функції зі збереженням своїх експлуатаційних показників у заданих межах за заданий проміжок часу або наробіток.

Складовими надійності є:

- безвідмовність;
- ремонтпридатність;
- збережуваність;
- довговічність.

Під поняттям кількісного опису надійності мається на увазі знаходження закону розподілу випадкової величини. У теорії надійності використовуються чотири способи завдання законів розподілу випадкових величин. Слід тільки зазначити, що розглянуті в теорії надійності випадкові величини - T (час безвідмовної роботи), T_v (тривалість ремонту), T_c (час зберігання), T_d (довговічність) мають розмірність часу й для них завжди слухна рівність:

$$F(0)=0, \quad (12.13)$$

і тому нижня межа інтегрування у вираженнях (12.1)...(12.3) ухвалюється рівна нулю.

У теорії надійності відіграє важливу роль вираження

$$G(t)=\exp \left\{-\int_0^t H(t)dt\right\} \quad (12.14)$$

Кожна з функцій $f(t)$, $F(t)$, $G(t)$ та $H(t)$ описують закон розподілу випадкової величини. Таким чином, розподілу випадкових величин T , T_v , T_c , T_d , що задаються в кожній з можливих форм є характеристиками надійності (безвідмовності, ремонтпридатності, збережуваності й довговічності, відповідно).

Зворотна інтегральна функція розподілу випадкової величини T одержала назву функції надійності й функції часу безвідмовної роботи й позначається $p(t)$. Функція інтенсивності тієї ж випадкової величини називається інтенсивністю відмов і позначається $\lambda(t)$. Функція інтенсивності часу відновлення T_v названа інтенсивністю відновлення й позначається $\mu(t)$.

Функція інтенсивності $H(t)$, звичайно мало використовувана в теорії ймовірностей, у теорії надійності відіграє важливу роль, особ-

ливо при описі властивостей безвідмовності виробів (властивостей випадкової величини T). Справа в тому, що саме в характері функції $\lambda(t)$ найбільше наочно проявляється така важлива властивість виробу, як профілактико-придатність, тобто здатність виробу позитивно реагувати на профілактичне обслуговування.

Так, при $\lambda(t) = \text{const}$ профілактичне обслуговування не впливає на результуючу безвідмовність виробу. Якщо похідна за часом функції $\lambda(t) > 0$, то профілактика здатна підвищити безвідмовність, а якщо $\lambda(t) < 0$, то профілактика може лише погіршити показники безвідмовності.

У якості показників безвідмовності, ремонтпридатності, зберіжуваності й довговічності використовуються числові характеристики відповідних випадкових величин: середній час, який позначається $\bar{T}$ з відповідним нижнім індексом.

Широко використовуються також значення прямої та зворотної інтегральних функцій розподілу для фіксованих значень часу (τ):

- імовірність безвідмовної роботи зразка виробу протягом фіксованого інтервалу часу $[0, \tau]$ - $p(\tau)$;
- імовірність відновлення працездатності виробу, що відмовив за заданий час τ - $F_B(\tau)$;
- імовірність збереження технічних характеристик виробу в умовах зберігання протягом заданого часу τ - $G_c(\tau)$;
- імовірність того, що ресурс зразка виробу перевищить заданий час τ - $G_p(\tau)$;
- імовірність того, що термін служби виробу перевищить заданий час τ - $G_{cc}(\tau)$.

План і програма випробувань.

Випробування для оцінки показників надійності (навіть якого-небудь одного показника) можуть проводитися по різних планах. План випробувань - це порядок (загальна методика, процедура, спосіб) проведення випробувань. План визначає всі основні риси даного способу, експериментальної оцінки оцінюваного показника надійності, що зберігаються незалежно від конкретного виду випробовуваного виробу. Усе, що в даному способі проведення випробувань специфічно для деякого конкретного виду виробу, виходить за рамки плану випробувань.

Кожний план має деяка кількість (k) параметрів (змінних) $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k$ для кожного з яких задається діапазон можливих значень, і значення яких повинні бути визначені до початку випробувань. Набір фіксованих значень параметрів плану вмовимося називати перетином плану.

План випробувань можна вважати заданим, якщо визначені:

- оцінюваний показник надійності;
- перелік параметрів плану;
- перелік безпосередніх результатів випробувань (достатня статистика);
- процедура (методика, спосіб) одержання безпосередніх результатів;
- додаткові умови, що визначають рамки застосовності даного плану.

Кожному плану випробувань відповідають певна методика планування (методика вибору перетину плану, що задовольняє поставленим вимогам) і спосіб обробки безпосередніх результатів для одержання шуканої оцінки.

Приведемо кілька прикладів планів випробувань.

План 1. Оцінка ймовірності безвідмовної роботи виробу протягом фіксованого інтервалу часу $[0, \tau]$ - $p(\tau)$ - при довільному розподілі T .

Проводяться n дослідів, кожний з яких полягає у випробуванні одного зразка виробу до витікання часу τ , якщо до цього часу відмова не настала, або до відмови, якщо час виникнення відмови $t < \tau$. Фіксується кількість дослідів (d), що закінчилися відмовою.

На основі величин m та d обчислюється точечна оцінка $p(\tau)^*$, а також усі необхідні показники точності й вірогідності цієї оцінки (довірчі межі $p_v(\tau)$ і $p_n(\tau)$, що відповідають заданій довірчій ймовірності Q ; абсолютна й відносна довірчі помилки). Наведений опис повністю характеризує план.

План 2. Для оцінки середнього часу T_v відновлення виробу використовується наступний план випробувань.

Проводяться m дослідів по відновленню працездатності зразка виробу що відмовив. Для кожного дослідів вибирається зразок у стані відмови, яка може виникнути природнім шляхом у процесі його нормальної експлуатації або може бути введена штучно. Набір значень

часу t_{vi} від початку ремонту до повного відновлення працездатності зразка являє собою безпосередні результати випробувань. На підставі цих даних розраховується точечна оцінка показника ремонтопридатності $\bar{T}_v^*$, а також необхідні показники точності й вірогідності.

План 3 передбачає випробування на гамма-процентний ресурс виробу.

Питання для самоперевірки

1. Що таке випадкова величина?
2. Що є характеристикою випадкової величини?
3. Скільки існує описів закону розподілу випадкової величини?
4. Що характеризує диференціальна функція розподілу?
5. Навіщо потрібні експериментальні дані?
6. Які завдання статистичного дослідження випадкових величин?
7. Як визначається тип закону розподілу випадкової величини?
8. Що таке статистичний ряд?
9. На основі чого будуються графіки статистичних функцій розподілу випадкової величини?
10. На основі яких даних знаходяться статистичні функції мода, медіана та інші?
11. Назвіть два види статистичних оцінок.
12. На чому ґрунтується метод інтервальних оцінок?
13. Назвіть основні показники надійності.
14. Що таке план випробувань?
15. Коли план випробувань вважається заданим?

ЛЕКЦІЯ № 13. ФОРМУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ

План лекції. Загальна структурна схема формування результатів випробувань. Точностні характеристики результатів випробувань. Формування результатів контрольних та повторних випробувань. Методи підвищення точності результатів випробувань.

Література: [1], с.517-700.

Розглянемо **узагальнену структурну схему формування результатів випробувань**. Отже, при будь-яких випробуваннях, як відомо, визначаються характеристики властивостей продукції (об'єкта випробувань), тобто параметри або (і) показники якості: цільового застосування, надійності, ергономічні, технологічні, екологічні, безпеки та ін. Номенклатура показників якості продукції детально представлена в ГОСТ 22851. При цьому розрізняють два види параметрів і показників якості об'єкта випробувань:

- вимірювані - фізичні величини й похідні від них;
- невимірювані - щільність компонування, зручність користування, раціональність форми та ін.

У якості вимірюваних, контрольованих і керованих виступають параметри наступних видів: температура, тиск і вакуум, вологість, лінійні й кутові, світлові й оптичні, акустичні, електричні й магнітні, електромагнітні й радіотехнічні, рівень, обсяг, витрати, склад і концентрація фізико-хімічних властивостей речовини, сила, маса, швидкість і прискорення, іонізуюче випромінювання, аеродинамічні й комбіновані та ін. (ГОСТ 26001).

Відомо, що випробування проводяться з метою одержання (у нормованих і керованих умовах) інформації про фактичну якість розроблюваної продукції що випускається, і прийняття на цій основі відповідних рішень. При цьому (з погляду одержуваних результатів) виконуються наступні процедури:

- визначення дійсних значень показників якості продукції (дослідницькі випробування);
- оцінка відповідності якості продукції встановленим вимогам (контрольні випробування);

- оцінка рівня якості й технічного рівня продукції (сертифікаційні випробування);
- прогнозування змін показників якості продукції при її виготовленні й експлуатації;
- виявлення частки прихованих дефектів у продукції.

Випробуванням можуть піддавати окремі зразки, у тому числі одиничні, партія зразків, вибірка із цієї партії, тип зразків.

У процесі випробувань на об'єкт випробувань впливають:

- керуючі впливи (що задаються в визначених межах) і ті що поступають від засобів керування на об'єкт випробувань з певною погрешністю;
- іспитові впливи які імітують експлуатаційні фактори;
- вплив на об'єкт випробувань енергоживлення (гідравлічного, пневматичного, електричного та ін.);
- вплив умов випробувань (температура, вологість повітря, забрудненість навколишнього середовища);

При поширенні результату контрольних випробувань зразка на вибірку, партію або тип продукції використовується певний алгоритм узагальнення.

При сертифікаційних випробуваннях отримані показники якості об'єкта випробувань обов'язково повинні супроводжуватися реєстрованими відомостями про те, при яких рівнях іспитових впливів були зафіксовані показники якості об'єкта випробувань. Для цього в іспитових стендах і комплексах передбачаються засоби вимірів і аналізу впливів.

На закінчення відзначимо, що операції вимірів і контролю суттєво відрізняються одне від одного й від операцій випробувань об'єкта випробувань. Дійсно:

- при вимірах оцінюють фізичні параметри або їх групу (непрямі виміри), тоді як предметом оцінки при випробуваннях і контролі є показники якості об'єкта випробувань у цілому;
- при вимірах одержують результати, що характеризують окремі параметри зразка продукції, у той час як при випробуваннях формують результати, що характеризують партію й (або) тип продукції в цілому;
- метод вимірів припускає обов'язкову наявність засобів вимі-

рів, тоді як при випробуваннях і контролі, оцінки якості продукції й (або) її технічного рівня, нерідко формує експерт або група експертів.

Як відомо, при випробуваннях крім вимірів використовують вимірювальний і статистичний контроль, а також розрахунковий, органоліптичний і реєстраційний методи оцінки якості об'єкта випробувань. При цьому результатами вимірів є кількісні оцінки значень параметрів продукції, а при випробуваннях, крім того, одержують альтернативні висновки й статистичні висновки (у тому числі і якісні).

Із точки зору погіршностей і помилок випробувань, специфічним для сертифікаційних випробувань є:

- ієрархічне узагальнення погіршностей від параметрів продукції до зразка, вибірки, партії й типу в цілому;
- взаємозв'язок точностних характеристик випробувань із показниками статистичного контролю (ГОСТ 2073; ГОСТ 18242 та ін.), технологічних операцій (ГОСТ 16305 та ін.), експертних методів оцінки якості продукції.

Розглянемо точностні характеристики результатів випробувань, базуючись на викладеній вище узагальненій структурній схемі їх формування і на аналізі вітчизняної й закордонної нормативної документації в області точностних характеристик випробувань.

Точностні характеристики результатів випробувань.

У вітчизняній і закордонній нормативній документації розрізняють наступні точностні характеристики методів випробувань об'єкта випробувань: чутливість; адекватність; точність результатів; вірогідність результатів; правильність результатів; повторюваність результатів; відтворюваність результатів. Крім того, випробування характеризуються також тривалістю, швидкістю, вартістю й ефективністю.

Чутливість методу випробувань - це така властивість випробувань, яка характеризується мінімальною величиною або мінімальною зміною оцінюваного при випробуваннях параметра або (і) показника якості об'єкта випробувань, при яких (у заданих умовах) виходить шуканий результат з необхідною точністю (див. ГОСТ 23480, ГОСТ 17.1.4.01, ГОСТ 18442, ASTM - 2188 та ін.).

Адекватність методу випробувань - це властивість випробувань, характеризується відповідністю умов випробувань об'єкта випробувань передбачуваним умовам його експлуатації.

Очевидно, що на іспитовому стенді неможливо одночасно відтворювати всі діючі на об'єкт випробувань в процесі експлуатації фактори, ні по їхньому складу, ні по характеристиках їх зміни в часі, тим більше що певна частина експлуатаційних факторів підкоряється законам нестационарних випадкових процесів, що вимагають для їхньої реалізації в процесі випробувань значних витрат.

Із цього погляду застосовувані в промисловості іспитові стенди і здійснювані ними процеси генерування іспитових впливів можна розглядати як фізичні моделі, у яких лише з деяким наближенням моделюються (імітуються) умови експлуатації випробуваних об'єктів.

У зв'язку із цим найважливішим завданням при практичному використанні тієї або іншої фізичної моделі розглянутого виду є визначення її адекватності, тобто ідентичності, близькості фізичної моделі (по певних ознаках і показниках) до реальних умов експлуатації, тому що використання неадекватної фізичної моделі знижує вірогідність результатів випробувань, що може привести в остаточному підсумку до аварійних ситуацій у процесі експлуатації об'єкта випробувань, травмуванню або загибелі людей, економічним втратам та іншим небажаним наслідкам.

Причинами неадекватності розглянутої фізичної моделі (іспитових стендів і процесів генерування іспитових впливів) можуть бути:

- обмеження по числу й виду одночасно імітованих експлуатаційних факторів, а в тому випадку, коли склад імітованих факторів на іспитовому стенді для випробування того або іншого виробу визначений, різні допущення, пов'язані з вибором вихідних передумов (по виду використовуваних закономірностей, точності та ін.), прийнятих при розробці реалізованих на іспитовому стенді процесів генерування іспитових впливів;
- погрішності вимірів і обробки вимірювальної інформації та інші причини неадекватності.

Розглянемо більш детально наступні характеристики випробувань: точність, правильність, повторюваність, відтворюваність і вірогідність.

Точність результатів (методу) випробувань. Точність результату або методу випробувань - це характеристика близькості результату випробувань об'єкта випробувань до дійсного (при теоретичному розгляді) або дійсного (при експерименті) значення оцінюваної вели-

чини.

Правильність результатів (методу) випробування. Характеристика ступеня близькості до нуля систематичних погрешностей результатів вимірів за ГОСТ 16263 називається правильністю вимірів. Тому правомірно назвати правильністю результатів означальних випробувань характеристики близькості до нуля систематичних (у тому числі невиключених систематичних) відхилень оцінки результатів означальних випробувань від їхнього справжнього або дійсного значення. Однак правильність результатів випробувань у вітчизняних стандартах у цей час не нормується й не оцінюється. На необхідність використання такої характеристики при атестації методів вимірів і випробувань із використанням зразкових засобів вимірів (зокрема, стандартних зразків речовин і матеріалів) вказується в ГОСТ 25051.2-82 та ГОСТ 8.508-84.

Повторюваність результатів (методу) випробувань. При проведенні повторних випробувань зразка продукції (за єдиною методикою, у незмінних умовах, тим самим засобом випробувань, у практично однакових умовах і тим самим випробувачем) їх результати будуть як правило, відрізнятися одне від одного, залишаючись у межах установленого допуску.

Характеристика випробувань, що відбиває близькість друг до друга результатів повторних випробувань продукції, виконаних по одній методиці в незмінних умовах, називається повторюваністю результатів випробувань.

Відтворюваність результатів (методу) випробувань. Результати випробувань (зокрема, вимірів і аналізу) того самого зразка продукції, виконані по одній методиці, але в різних умовах (різними засобами одного типу, різними випробувачами, при різних кліматичних умовах) можуть суттєво (значимо) різнитися. Цій властивості повторних випробувань (зокрема, вимірів) продукції відповідає особлива характеристика - відтворюваність (Reproducibility) результату (методу) (ГОСТ 16263, ГОСТ 20242, ГОСТ 23603, РДМУ 109, ASTMЕ-173, ASTMЕ- 177, ASTMЕ-28, ІСО 2592, ІСО 259, BS 5497 та ін.).

У якості показників відтворюваності методів випробувань виступають: розбіжність між результатами повторних випробувань.

Достовірність результатів (методу) випробувань. Достовірність результатів (методу) випробувань - це характеристика контрольних випробувань, що відбиває відповідність одержуваних при випро-

буваннях результатів їх дійсним значенням. Аналогічним наведеному є визначення терміна "вірогідність оцінки результату експерименту", наведене в ГОСТ 15895. Це - "стійка відповідність результатів експерименту дійсному значенню оцінюваної величини при довільному числі експериментів, що здійснюються в однакових керованих умовах".

Точність іспитових стендів і комплексів. Іспитові стенди й комплекси в більшості випадків являють собою досить складні, великогабаритні й енергоємні сукупності взаємозалежних і спільно діючих технічних пристроїв, призначених для:

- установки й закріплення в заданому положенні об'єкта випробувань;
- створення іспитових впливів, що імітують фактори й навантаження, що діють на технічну систему (об'єкт) в процесі експлуатації;
- визначення кількісних і якісних характеристик об'єкта випробувань як результату іспитових впливів;
- керування процесом випробувань;
- живлення об'єкта випробувань та іспитового стенду або комплексу гідравлічною, пневматичною, електричною та іншими видами енергії.

В існуючих стандартах найбільш повно відбиті загальні методи оцінок метрологічних характеристик засобів вимірів (систематичної і випадкової складових погрішності, характеристики погрішності, функції впливу діапазону вимірів та ін.) і точностних характеристик засобів автоматизації. Так, ГОСТ 8.508 регламентує:

- визначення метрологічних характеристик властивостей засобів вимірів і засобів автоматизації (перевірка істотності систематичної й випадкової складових погрішності, варіації, дрейфу, кореляції відліку погрішності, нормальності закону розподілу);
- вибір методики оцінки (контролю) метрологічних характеристик засобів вимірів і точностних характеристик засобів автоматизації (тимчасового інтервалу між відліками вихідного сигналу, послідовності операцій подачі зразкових сигналів, обсягу вибірки);
- вибір алгоритму обробки інформації, що відповідає заданій (установленій) сукупності метрологічних і точностних властивостей засобів вимірів і засобів автоматизації при оцінці

- (контролі) їх метрологічних або точностних характеристик;
- безпосередню оцінку показників точності й вірогідності оцінки (контролю) метрологічних характеристик засобів вимірів і точностних характеристик засобів автоматизації;
- оцінку показників і вірогідності оцінки (контролю) метрологічних характеристик засобів вимірів і точностних характеристик засобів автоматизації.

На основі проведеного вище аналізу й узагальненої структурної схеми формування результатів випробувань, сформуємо наступний комплекс точностних характеристик випробувань, який включає:

- точність результатів означальних випробувань;
- вірогідність результатів контрольних випробувань;
- повторюваність результатів повторних випробувань;
- відтворюваність результатів повторних випробувань;
- точність засобів вимірів при випробуваннях;
- точність засобів автоматизації керування процесом випробувань;
- точність характеристик джерел енергії;
- адекватність і точність імітаторів, що забезпечують створення іспитових впливів.

Формування результатів контрольних випробувань.

Технічний стан об'єкта визначається сукупністю параметрів, що характеризують здатність його систем виконувати задані функції. Розрізняють дві групи параметрів:

- функціональні параметри, що є безперервними аналоговими сигналами;
- сигнальні параметри, що змінюють свій стан стрибком і характеризуються тільки двома значеннями (0 і 1).

Відповідно із усього комплексу завдань, розв'язуваних при визначенні технічного стану об'єкта, можна виділити основні:

- допусковий контроль функціональних і сигнальних параметрів;
- груповий контроль сигнальних параметрів;
- контроль неспостережуваних параметрів (завдання ідентифікації, діагностики, розрахунки ефективності і т.п.).

Розрізняють наступні види технічного стану: справний й не-

справний; працездатний і непрацездатний стани.

Справним станом системи об'єкта називається стан, при якому вона задовольняє всім вимогам, установленим нормативною документацією.

Працездатним станом системи називається стан, при якому вона здатна виконувати задані функції, зберігаючи значення контрольованих параметрів у встановлених межах.

Поняття справності ширше поняття працездатності. Працездатна система задовольняє не всім вимогам, а лише тим, які пов'язані із забезпеченням її нормального функціонування. При цьому частина вимог, що наприклад ставляться до зовнішнього вигляду, може не задовольнятися. У результаті контролю ухвалюється рішення про те, у якому стані у момент перевірки перебуває система що перевіряється. Якщо виявлена в процесі контролю зміна параметрів об'єкта приводить до часткової або повної неможливості його використання по призначенню (втраті функціональних властивостей), то об'єкт визнається негідним. При збереженні функціональних властивостей об'єкт визнається придатним.

При допусковому контролі, рішення про придатність або непридатність технічних систем ухвалюється за результатами вимірів залежно від того, чи перебуває контрольований параметр у припустимих межах (допуск) або виходить за їхні границі.

Допуском на контрольований параметр називаються границі значень параметра, при яких система, що перевіряється, справна протягом необхідного часу в заданих умовах роботи. Допуск може бути одnobічним (нижнє або верхнє граничне відхилення від номінального значення параметра) і двостороннім.

Допуски встановлюються для забезпечення основних функціональних показників технічних систем, виходячи із призначення цих систем і умов їх застосування.

Розрізняють допуски: **арбітражний** (для параметрів розроблювальної системи), **виробничий** (для параметрів системи, що виготовляється), **експлуатаційний** (для параметрів експлуатованої системи), **ремонтний** (для параметрів ремонтваної системи).

Так, **експлуатаційний допуск** - це такі встановлені дослідним і розрахунковим шляхом границі, у яких повинно перебувати значення контрольованого параметра, щоб система виконувала необхідні функції протягом заданого часу за певних умов експлуатації із заданою

ймовірністю.

Таким чином, допусковий контроль полягає в тому, щоб встановити, чи перебувають значення контрольованих параметрів у полі експлуатаційного допуску або виходять за його межі.

Найбільш загальною характеристикою контролю є вірогідність, яка характеризує здатність апаратури контролю правильно відбивати реальний стан контрольованої системи.

Погрішності вимірів параметрів можуть привести до помилкових рішень, тобто несправна система визнається придатною, а справна - негідною. Очевидно, імовірність ухвалення неправильного рішення при контролі зменшується з ростом точності вимірів.

Однак підвищення точності вимірів пов'язане зі збільшенням витрат на вдосконалювання вимірювальних засобів, внаслідок чого контроль із дуже високим ступенем вірогідності прийнятих рішень виявляється економічно недоцільним. У зв'язку із цим виникає завдання обґрунтування раціональних вимог до точності контрольно-вимірювальної апаратури, що задовольняє певним вимогам по вірогідності контролю. Для розв'язку цього завдання необхідно досліджувати вплив погрішності вимірів на імовірнісні характеристики результатів контролю. Тому поряд з алгоритмами допускового контролю в математичному забезпеченні систем обробки даних випробувань необхідно передбачити розрахунки показників вірогідності рішень, прийнятих на підставі результатів контролю.

Формування результатів повторних випробувань.

При проведенні повторних випробувань однотипної продукції має місце проблема відтворюваності, у зв'язку із чим з'являється необхідність розрахунків, нормування й оцінки розбіжності результатів таких випробувань. При цьому під відтворюваністю результатів розуміють таку їхню властивість, коли кожний повторний результат статистично незначимо відрізняється від попереднього (термін "значимість" визначений у ГОСТ 15895-77). Одним із завдань цієї проблеми є вибір і стандартизація показників відтворюваності результатів повторних випробувань.

Залежно від виду повторних випробувань, тобто від того, де й у яких умовах вони проводяться (в одній і тій же лабораторії, в однакових умовах, тими самими методами, засобами й випробувачами або в різних лабораторіях, у різних умовах, різними засобами й методами),

результати цих повторних випробувань можуть мати різний розподіл або при однакових видах розподілу - суттєво різні параметри.

А це означає статистичну неоднорідність одержуваних при випробуваннях результатів. Тому оцінка відтворюваності повинна зводитися до відомого в статистиці завдання перевірки гіпотези про тотожність законів розподілів - гіпотези однорідності результатів, а показники відтворюваності доцільно шукати серед заходів близькості законів розподілів цих результатів (так званих критеріїв однорідності).

Методи підвищення точності результатів випробувань.

Відмова технічної системи - це випадкова подія, обумовлена великою кількістю непередбачених факторів. Час від моменту включення устаткування до його першої відмови також являє собою випадкову величину.

Традиційно при проведенні випробувань підсистем вимоги до них визначаються шляхом декомпозиції вимог до системи в цілому. При великій кількості підсистем такі автономні вимоги настільки посилюються, що підтвердження їх по проведеному на практиці обсязі випробувань стає нереальним.

Так, якщо необхідна ймовірність безвідмовної роботи виробу становить 0,9, то при числі підсистем до $= 10$ їх надійність повинна бути 0,99, а при до $= 100$ - 0,999. Для підтвердження однієї дев'ятки з довірчою ймовірністю 0,9 досить випробувати виріб 23 рази, для двох дев'яток - 230 раз, а для трьох дев'яток - 2303 рази.

Тільки системний підхід до планування обсягу випробувань підсистем дозволяє уникнути лавинообразного наростання необхідних обсягів випробувань. Він полягає в побудові оцінок і довірчих інтервалів показників ефективності системи за відомими оцінками показників ефективності підсистем і обґрунтуванні вимог до обсягу їх випробувань, що виходять із аналізу властивостей оцінок системи в цілому.

У процесі проектування складних систем у результаті проведення теоретичних розрахунків, математичного й напівнатурного моделювання, різного виду випробувань, а також використання досвіду проектування аналогічних виробів накопичується значна інформація про надійність і ефективність розроблювального виробу.

На жаль, ця інформація різноманітна, тобто оцінюються різні показники ефективності як підсистем, так і системи в цілому, виміри па-

раметрів і характеристик системи проводяться з різною точністю, випробування здійснюються в різних умовах та ін. Усе це утрудняє використання наявної великої апріорної інформації й вимагає розробки математичних методів одержання комбінованих (об'єднаних) оцінок показників надійності й ефективності виробів.

Аналіз методів одержання об'єднаних (комбінованих) оцінок з використанням апріорної й експериментальної інформації дозволяє рекомендувати байєсовські оцінки як найбільш теоретично обґрунтовані, оптимальні по точності.

Байєсовський метод оцінювання заснований на використанні найбільш повної апріорної інформації про оцінюваний показник у вигляді апріорного розподілу невідомого оцінюваного параметра і щільності розподілу вимірюваних характеристик як функції невідомого показника (функція правдоподібності).

Байєсовський метод оцінювання в традиційній формі використовується для аналізу результатів випробувань проте він не пристосований для розв'язку завдань планування.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть два види показників якості об'єкта випробувань.
2. Для чого проводяться випробування?
3. Який порядок дій при проведенні випробувань?
4. Що впливає на об'єкт випробувань?
5. Чим відрізняються операції вимірювання і контролю?
6. Яка специфіка сертифікаційних випробувань?
7. Перелічіть точнісні характеристики результатів випробувань.
8. Що таке адекватність методу випробувань?
9. Чим характеризується чутливість методу випробування?
10. Які можуть бути причини неадекватності фізичної моделі?
11. Що розуміють під точністю результатів випробувань?
12. Навіщо необхідна повторюваність результатів випробувань?
13. Що таке достовірність результатів випробувань?
14. Що включає в себе комплекс точнісних характеристик випробувань?

ЛЕКЦІЯ № 14. СЕРТИФІКАЦІЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

План лекції. Основні поняття. Системи сертифікації: міжнародні, регіональні, національні. Статистичні методи при сертифікації. Особливості сертифікації складних технічних систем. Сертифікація і менеджмент.

Література: [4], с.5-53, 158-326.

У наш час загальноновизнано, що сертифікація – одна з найбільш ефективних форм забезпечення якості продукції або послуг, а також їх конкурентоспроможності на внутрішньому й зовнішніх ринках. Зародившись спочатку як інструмент протекціонізму, сертифікація надалі перетворилася в засіб правового регулювання торговельних відносин і формування партнерства між підприємствами.

Сучасні форми сертифікації забезпечують:

- гарантію якості продукції (послуги) шляхом запобігання потрапляння на ринок продукції, не відповідної до вимог нормативних документів;
- довіра до якості експортованої продукції;
- запобігання імпорту продукції, що не відповідає вимогам нормативних документів;
- заміщення імпоротної продукції високоякісною вітчизняною;
- захист виготовлювача від конкуренції з постачальниками не сертифікованої продукції;
- розширення рекламних можливостей постачальника;
- стабільна якість кінцевої продукції за умови застосування сертифікованих комплектуючих виробів і матеріалів.

Багатофункціональність сфери сертифікації вимагає формування відповідної інфраструктури – органів по сертифікації й акредитованих іспитових лабораторій, чим забезпечує зайнятість великої кількості людей. Особливо важлива сертифікація для складних технічних систем, відмови яких найчастіше приводять до важких наслідків.

Наприклад, сертифікація аудіо– і відеотехніки не потребує підтвердження в рамках сертифікаційних випробувань показників надійності, а для засобів транспорту перевірка показників надійності обо-

в'язкова. Таким чином, особливості сертифікації складних систем повинні бути предметом спеціального вивчення.

Вирішенню питань сертифікації велику увагу приділяють такі міжнародні організації, як Міжнародна організація по стандартизації (ISO), Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК), Всесвітня торговельна організація (СОТ) та ін. Сертифікація сьогодні розглядається як засіб, що не тільки полегшує виробникові вихід на ринки інших країн, але й суттєво підвищує ефективність виробництва.

Особливе місце займає сертифікація систем якості постачальника продукції (виконавця послуги) на відповідність вимогам стандартів ISO серії 9000 або інших стандартів, що встановлюють вимоги до систем якості (наприклад QS-9000, TL-9000).

Така сертифікація особливо важлива при виході підприємства на міжнародні ринки, при участі в міжнародних тендерах та інших проєктах. А отже добитися підвищення конкурентоспроможності продукції в сучасних умовах можна тільки шляхом корінної перебудови, реорганізації підприємства. Цьому процесу є спеціальне найменування – реінжиніринг.

Саме слово "**сертифікація**" утворене від слова "сертифікат" (лат. certum – вірно + facere – робити), тобто "зроблене вірно". Сертифікатом засвідчують який-небудь факт, наприклад походження, дійсність товару і т.п. Найпоширенішим випадком застосування сертифікації є підтвердження відповідності якого-небудь об'єкта встановленим до нього вимогам (рис. 14.1).

Підтвердити відповідність може кожна із зацікавлених сторін: перша – виготовлювач, продавець, виконавець, друга – споживач, замовник, третя – незалежний орган. Перша сторона підтверджує відповідність за допомогою прийняття виготовлювачем (продавцем, виконавцем) декларації.

Декларація про відповідність – документ постачальника продукції (виконавця робіт, послуг), у якому він під свою відповідальність письмово заявляє, що продукція, що поставляється їм (виконувані роботи, послуги) відповідає вимогам стандартів або інших нормативних документів.

Протиріччя між першою й другою сторонами в оцінці відповідності продукції, процесу або послуги тим самим вимогам проявляється досить часто, тому найбільш об'єктивною оцінкою вважають оцінку третьою стороною – особою або органом, що визнаються незалежним

від сторін, що брали участь у розглянутому питанні.

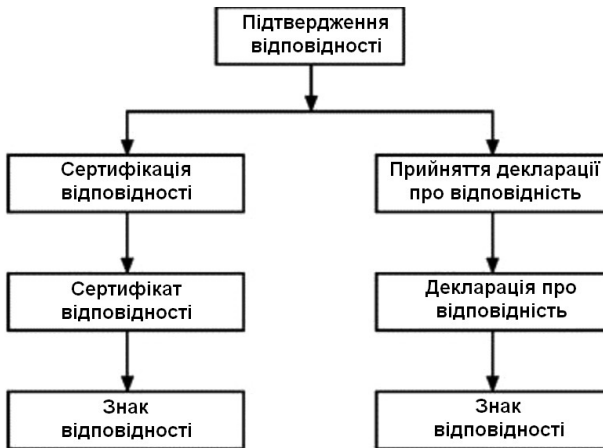


Рисунок 14.1 – Підтвердження відповідності якого-небудь об'єкта встановленим до нього вимогам

Сторони що беруть участь – це, насамперед, виготовлювачі, продавці, виконавці, споживачі або інші суб'єкти що представляють їхні інтереси. Участь третьої сторони в підтвердженні відповідності є головною ознакою сертифікації.

Сертифікація – процедура підтвердження відповідності, за допомогою якої третя сторона письмово засвідчує, що продукція, процес або послуга відповідають заданим вимогам. Сертифікація може носити обов'язковий або добровільний характер.

Обов'язкова сертифікація – сертифікація, яка вводиться законами для певної продукції й проводиться уповноваженими на те органами на відповідність законодавчим актам, обов'язковим вимогам технічних регламентів, стандартів або інших нормативних документів, прийнятих відповідно до законодавства. Обов'язкова сертифікація вводиться для захисту інтересів населення й держави. Як правило, підтверджуються встановлені законом вимоги безпеки для життя, здоров'я, майна громадян і навколишнього середовища. Обов'язкова сертифікація є необхідною умовою допуску продукції на ринок і (або) її використання.

Добровільна сертифікація – сертифікація, яка проводиться з ініціативи заявника в зареєстрованій системі сертифікації на відповід-

ність будь-яким вимогам, обумовленим заявником. Добровільна сертифікація є засобом підвищення конкурентоспроможності продукції й послуг на внутрішньому й зовнішньому ринках. Обов'язкова й добровільна сертифікації базуються на єдиних принципах. Позитивний результат сертифікації засвідчує сертифікатом відповідності.

Сертифікат відповідності – документ, що підтверджує, що належним чином ідентифікована продукція, процес або послуга відповідають конкретному стандарту або іншому нормативному документу. Сертифікат відповідності оформляють на офіційному бланку. Як правило, він містить інформацію про орган який видав сертифікат, заявника, сертифіковану продукцію (процеси, послуги), нормативні документи на відповідність яким проведена сертифікація. Сертифікат підписують особи, уповноважені органом по сертифікації, і видають його заявникові. Поряд із сертифікатом відповідності застосовують знак відповідності.

Знак відповідності – зареєстрований у встановленому порядку знак, яким за правилами даної системи сертифікації підтверджується, що маркірована ним продукція відповідає вимогам документів, зазначених у сертифікаті відповідності.

Знак підтверджує не тільки відповідність продукції, процесу або послуги встановленим вимогам, але й що цей факт підтверджений процедурою сертифікації. Цим, знак відповідності, в області сертифікації, відрізняється від знака відповідності державним стандартам.

Право на застосування знака відповідності надається заявникові спеціальним дозволом або ліцензією, видаваними органом по сертифікації. Знак відповідності може бути нанесений безпосередньо на продукцію, на тару, упакування, на супровідну документацію, що надходить до споживача разом з товаром, а також використовуватися в рекламі, друкованих виданнях, на офіційних бланках і вивісках. Сертифікацію проводять у рамках певної системи сертифікації.

Система сертифікації – сукупність учасників сертифікації й правил керування й процедур і може включати кілька підсистем – систем сертифікації однорідної продукції. Система сертифікації однорідної продукції – система сертифікації, що відноситься до певної продукції, процесів або послуг, для яких застосовуються ті самі конкретні стандарти, правила й та сама процедура. Систему сертифікації однорідної продукції може очолювати центральний орган.

Центральний орган – це юридична особа, визначена для орга-

нізації й координації робіт у системі сертифікації однорідної продукції. Основними учасниками системи сертифікації є органи по сертифікації та іспитові лабораторії.

Орган по сертифікації – орган, що проводить сертифікацію. Орган по сертифікації продукції використовує для ухвалення рішення про видачу сертифіката результати випробувань, проведених іспитовою лабораторією, результати сертифікації системи якості або виробництва заявника, проведеної органом по сертифікації системи якості, або результати власної оцінки стану виробництва. Безпосередню роботу із сертифікації проводять експерти.

Експерт по сертифікації – фахівець, атестований у встановленому порядку для проведення робіт із сертифікації в певній області.

Іспитова лабораторія – лабораторія, яка проводить випробування (окремі види випробувань) певної продукції. Кілька іспитових лабораторій можуть бути об'єднані загальною сферою діяльності і єдиним керівництвом. У цьому випадку застосовують термін "іспитовий центр". Для здійснення робіт із сертифікації органи по сертифікації й іспитові лабораторії акредитуються у встановленому порядку й здійснюють свою діяльність відповідно до їхніх областей акредитації.

Заявник – юридична або фізична особа, що надала продукцію на сертифікацію й відповідальна за якість і безпеку цієї продукції. Заявником може бути юридична особа або індивідуальний підприємець, що є виготовлювачами продукції, що підлягає сертифікації, або продавцями цієї продукції. Залежно від результатів сертифікації заявникові видається або не видається сертифікат відповідності.

Тримач сертифіката – організація або громадянин, на чие ім'я виданий сертифікат відповідності. Сертифікацію продукції проводять певним способом, за встановленою формою – схемі сертифікації.

Схема сертифікації – певна сукупність дій, результати яких ухвалюються як докази відповідності продукції встановленим вимогам. Схема сертифікації продукції може складатися з однієї або декількох способів перевірки, таких, як випробування зразків продукції, перевірка її виробництва, інспекційний контроль сертифікованої продукції. Продукція, що підлягає сертифікації, повинна бути певним чином ідентифікована.

Ідентифікація продукції – процедура, за допомогою якої встановлюють тотожність представленої на сертифікацію продукції найменуванню та іншим ознакам, зазначеним у стандартах або технічній

документації, та інформації про продукцію. Ідентифікація проводиться заявником і органом по сертифікації.

Сертифікаційні випробування – випробування зразків продукції для розв'язку питання про можливість видачі сертифіката. Перевірка виробництва в схемах сертифікації здійснюється різними способами: аналізом стану виробництва, сертифікацією систем якості або виробництва постачальника.

Аналіз стану виробництва – процедура, за допомогою якої орган по сертифікації продукції оцінює виробництво сертифікованої продукції з погляду можливості підтримки протягом певного строку стабільності характеристик, підтверджуваних сертифікатом відповідності.

Інспекційний контроль над сертифікованою продукцією – контрольна оцінка відповідності, здійснювана органом по сертифікації з метою встановлення того, що сертифікована продукція, що поставляється, продовжує відповідати заданим вимогам, підтвердженим при сертифікації. Інспекційний контроль у відповідності зі схемою сертифікації передбачає перевірку тих же елементів, що й при первинній сертифікації.

Загальне поняття "акредитація" походить від латинського слова "accrédere" – "довіряти", тобто випробовувати почуття впевненості в будь-чій сумлінності, щирості, об'єктивності, у правильності чогонебудь. Донедавна акредитація розглядалася винятково як процедура призначення й початку виконання своїх обов'язків офіційного представника одної держави або однієї організації при іншій державі (організації). З розвитком сертифікації акредитація стала необхідним атрибутом допуску організацій до робіт із сертифікації й перетворилася в самостійний вид діяльності.

Акредитація (для цілей сертифікації) – процедура, за допомогою якої повноважний (авторитетний) орган офіційно визнає можливість певної організації виконувати конкретні роботи – її компетентність. Головними об'єктами акредитації в області сертифікації є органи по сертифікації й іспитові лабораторії (центри). Ця процедура проводиться в рамках певної системи акредитації. Система акредитації – система, що володіє власними правилами процедури й керування для здійснення акредитації об'єктів. Основним учасником системи акредитації є акредитуючий орган.

Акредитуючий орган – орган, який управляє системою акреди-

тації й проводить акредитацію в системі.

Об'єктами керування системи акредитації є діяльність по акредитації заявників. Безпосередню роботу, пов'язану з акредитацією конкретної організації, виконують експерти по акредитації.

Експерт по акредитації – особа, що здійснює всі або окремі функції, що відносяться до акредитації відповідних об'єктів, що й володіє компетентністю, визнаної акредитуючим органом. Компетентність оцінюється стосовно до певних об'єктів акредитації (експерт по акредитації іспитових лабораторій, експерт по акредитації органів по сертифікації тощо). Акредитація здійснюється з ініціативи заявника акредитації.

Заявник (акредитації) – організація, що претендує на акредитацію, що й представила письмову заявку про це в акредитуючий орган. Заявник може претендувати на акредитацію своєї організації як органа по сертифікації або іспитової лабораторії, або того й іншого. Пропонована заявником сфера діяльності оформляється як область акредитації.

Область акредитації – один або кілька видів робіт, на виконання яких акредитована конкретна організація. Область акредитації звичайно включає об'єкти сертифікації й (або) види випробувань, нормативні документи, відповідно до яких проводиться сертифікація. Область акредитації обмежується певними рамками об'єктів сертифікації або випробувань, застосовуваними нормативними документами й підтверджуваними вимогами об'єктів сертифікації або випробувань.

Критерії акредитації – вимоги, яким повинен відповідати об'єкт акредитації. Усі критерії акредитації зводяться до компетентності, неупередженості й незалежності й установлюються стандартами або іншими нормативними документами. Відповідність організації критеріям акредитації перевіряють попередньо по документах, представленим заявником, а потім – безпосередньо в організації-заявнику акредитації.

Експертиза документів заявника – аналіз комплектності, змісту й оформлення документів, представлених заявником з метою визначення їх відповідності критеріям і правилам акредитації й оцінки можливості акредитації заявника.

Експертний висновок – документ, що містить результати експертизи документів, представлених заявником на акредитацію. Атестація – безпосередня перевірка на місці об'єкта акредитації з метою

визначення його відповідності встановленим вимогам (критеріям акредитації). Атестація є процедурою, що передуює узагальнюючому аналізу отриманих доказів і ухваленню рішення по акредитації (або відмові в акредитації).

Програма атестації – документ, що містить перелік питань до об'єкта акредитації, способів перевірки й виконавців.

Акт атестації – документ, що складається експертами по акредитації за результатами атестації.

Атестат акредитації – документ, виданий за правилами системи акредитації, що й засвідчує факт офіційного визнання акредитуючим органом компетентності організації в певній області діяльності (області акредитації).

Термін дії акредитації – календарна тривалість від дати реєстрації атестата акредитації в реєстрі відповідної системи акредитації до встановленої дати припинення його дії. Можливість збереження дії акредитації в межах терміну дії атестата акредитації підтверджується за результатами інспекційного контролю.

Інспекційний контроль – перевірка, проведена акредитуючим органом з метою встановлення, що діяльність акредитованого органа по сертифікації або іспитовій лабораторії (центру) продовжує відповідати встановленим вимогам. Призупинення дії атестата акредитації – тимчасове припинення дії акредитації при порушенні її умов до виконання коригувальних заходів у встановлений термін.

Скасування дії атестата акредитації – безумовне припинення дії акредитації при виявлених порушеннях критеріїв акредитації.

Акредитація на новий строк – акредитація, проведена у зв'язку з витіканням терміну дії раніше виданого атестата акредитації.

Системи сертифікації: міжнародні, регіональні, національні.

Французька асоціація по стандартизації (AFNOR) у публікації "Certificat", підготовленої під патронажем Європейського комітету зі стандартизації (СЕН) в 1992 році, привела дані про діючих в 15 країнах-членах Європейського Економічного Співтовариства (ЄЕС) і Європейської Асоціації Вільної Торгівлі (ЄАВТ) системах сертифікації, органах по сертифікації й по сертифікованій продукції (по 53 видах). По даним AFNOR, у країнах ЄАВТ сертифікується більш 5000 виробів, діє більш 300 систем сертифікації й більш 700 органів по сертифікації.

Аналіз цих відомостей показав, що в більшості країн сертифікацією охоплюються такі види продукції, як:

- нагрівальні пристрої (14 країн);
- електроустаткування, електродвигуни, освітлювальні пристрої, засоби забезпечення безпеки й охорони здоров'я (13 країн);
- трубопровідна арматури, засоби пожежного захисту, будівельна техніка, системи водопостачання, тара й упакування (12 країн);
- техніка для домашнього господарства, лабораторне устаткування, цемент, бетон і відповідне устаткування, механічні пристрої, верстати й інструмент (11 країн);
- складське й транспортне устаткування, сільськогосподарська продукція й відповідне устаткування, медична техніка, устаткування й вироби для занять мистецтвом, спортом і для відпочинку (10 країн).

У той же час лише в одній країні сертифікації підлягають шкіряні й хутряні вироби й відповідне устаткування (Німеччина), дві країни (Німеччина й Нідерланди) сертифікують залізничну техніку, у трьох країнах (Німеччини, Великобританії й Франції) об'єктами сертифікації є оптика й фототовари.

Сертифікація, давно й широко використовувана в промислово розвинених і країнах що розвиваються в міжнародному економічному співробітництві, дозволяє їм захищати свій ринок від появи продукції, не відповідної до національних стандартів або іншим технічним нормам. Стандарти й технічні норми на ту саму продукцію в різних країнах звичайно різняться, як і процедури проведення сертифікації, що створює так звані технічні бар'єри в міжнародній торгівлі.

Тому важливим фактором, що забезпечує рівноцінне партнерство конкурентів на світовому ринку й граючим вирішальну роль на міжнародному рівні, є стандарти, прийняті на основі "консенсусу".

Вони встановлюють правила, що регламентують приведення взаємин між покупцем і продавцем до згоди як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку. Як правило, у кожній країні діє кілька систем сертифікації. Їхня різноманітність і численність визначаються різноманітністю законодавчої бази, національної практики й традицій стандартизації в галузях охорони праці, здоров'я й навколишнього середовища, захисту прав споживачів і т.п.

Поряд з митними тарифами, що захищають господарство країн від зовнішньої конкуренції, широко й регулярно застосовуються нетарифні засоби обмеження імпорту товарів, які, крім ускладнення митних формальностей, антидемпінгових процедур, податків на імпорт і т.п., містять у собі обмеження, засновані на чинних правилах в області охорони здоров'я, захисту навколишнього середовища, стандартизації й сертифікації (атестації) продукції, а також на санітарних, ветеринарних і адміністративних формальностях.

Майже у всіх країнах спеціальні служби, розташовані на кордонах, забезпечують такі види контролю ввезеної продукції, як ветеринарний (тварин і продукції тваринництва), фітосанітарний (продукції рослинництва, харчових товарів), перевірку швидкопсувної продукції, особливо небезпечних хімічних речовин, транспортних засобів.

У ряді країн (Японія, Китай, Корея, Перу, Туреччина та ін.) здійснюється контроль не тільки імпортованих, але й експортованих товарів. На зовнішньому ринку велику роль відіграють численні угоди по визнанню результатів робіт в області сертифікації, укладені між країнами – торговельними партнерами на різних рівнях. Ці угоди укладають на дво- і багатобічній основі, а також у рамках регіональних і міжнародних систем сертифікації.

Статистичні методи при сертифікації.

Роль статистичних методів при сертифікації визначається їхнім місцем при розробці системи якості. Стандарт ISO 9004.2 – 91 (п. 6.4.3) установлює, що статистичні методи можуть бути корисні в більшості випадків при зборі даних та їх застосуванні, чи йде мова про досягнення кращого розуміння запитів споживачів (у процесі контролю, вивчення можливостей, прогнозування) або про вимір якості для полегшення прийняття рішень.

Пункт 20.1 стандарту ISO 9004 характеризує статистичні методи як один з найважливіших елементів систем якості на всіх стадіях "петлі якості". Зокрема, стандарт ISO 9004 рекомендує застосовувати статистичні методи при:

- аналізі ринку продукції (послуги);
- проектуванні (розробці) продукції (послуги);
- визначенні вимог до продукції (послуги);
- вивченні можливостей продукції (послуги);
- аналізі даних (дефектів).

Таким чином, документація, що відноситься до статистичних методів, є ефективним засобом демонстрації відповідності системи якості вимогам стандартів ISO серії 9000. Іншими словами, статистичні методи можуть розглядатися як індикатор (ознака) системи якості.

При перевірці системи якості експерт-аудитор або особа, що проводить перевірку, має можливість:

- застосувати статистичні методи при перевірці системи якості для оптимізації плану й процедур перевірки;
- проаналізувати документацію, що відноситься до статистичних методів, для перевірки наявності елементів системи якості.

Стандарти ISO серії 9000 рекомендують використовувати наступні статистичні методи:

- планування експериментів (факторний аналіз);
- аналіз дисперсій (дисперсійний аналіз);
- оцінка безпеки (аналіз ризиків);
- критерії значимості;
- контрольні карти;
- вибірковий статистичний контроль.

Особливості сертифікації складних технічних систем.

Найважливіше завдання державної економічної політики полягає у виявленні й підтримці конкурентоспроможних підприємств. Виявлення й державна підтримка "швидких" інвестиційних проектів необхідні для одержання засобів для "тривалого" інвестування в промисловість, що створює умови для загального зростання промислового виробництва.

Таким чином, інвестуванню бюджетних коштів у підприємства повинна передувати завдання об'єктивної оцінки ефективності проектів (програм), пропонованих ними для державного фінансування. Існуюча сьогодні експертиза проектів в основному стосується аналізу фінансового стану підприємств.

При такій експертизі, як правило, не дається відповідь на головне для ринкової економіки питання – який рівень якості й конкурентоспроможності продукції що випускається, або наміченої до випуску.

Одного фінансового аудита виробництва зовсім недостатньо для визначення потенційних можливостей підприємства в організації ефективного виробництва конкурентоспроможної продукції. Особливо це

стосується конвертованих підприємств, що втратили державні замовлення й близькі до банкрутства. У той же час виробничий потенціал такого підприємства може бути досить високим для ефективного переходу на випуск конкурентоспроможної продукції цивільного призначення. Тому для об'єктивної оцінки доцільності надання проекту бюджетного фінансування або пільгового цільового кредитування, а також доцільності інших інвестицій необхідно провести повну експертизу (рейтингову сертифікацію) виробництва що реалізує проект, по ряду інтегральних показників:

- рейтинг основних фондів (оцінка стану основних фондів промислового виробництва);
- рейтинг продукції (оцінка відповідності техніко-економічних параметрів, що випускається або наміченої до випуску продукції вимогам на аналогічну продукцію на міжнародному ринку);
- рейтинг технологічних процесів (оцінка відповідності застосовуваних основних технологічних процесів параметрам аналогічних передових закордонних технологій);
- рейтинг виробництва (оцінка відповідності виробництва вимогам забезпечення заданих параметрів продукції, що випускається);
- рейтинг систем якості (оцінка відповідності системи якості підприємства вимогам забезпечення стабільного рівня якості продукції, що випускається).

Методологія оцінки техніко-економічних параметрів розроблювальної (освоюваної) продукції покликана забезпечити одержання об'єктивної інформації для запобігання витрат на безперспективні розробки й прийняття обґрунтованих рішень по випуску продукції, конкурентоспроможної на внутрішньому й зовнішньому ринках.

Ця методологія повинна вирішувати наступні основні питання:

- маркетингові дослідження параметрів і характеристик аналогів, що випускаються закордонними фірмами й споживаних на різних ринках;
- вибір методології й критеріїв оцінки продукції, що забезпечують найбільшу перспективність при наявності певних цільових настанов;
- визначення базових характеристик, необхідних для забезпечення конкурентоспроможності продукції, пророблення їх на

перспективу;

- зіставлення комерційних і технічних параметрів розроблювальної продукції (що випускається) з вимогами міжнародного ринку на аналогічну продукцію;
- визначення вимог (рекомендацій) до розроблювальної продукції (що випускається), що забезпечують її технічну конкурентоспроможність на закордонних ринках.

Методологія оцінки застосовуваних (планованих до застосування) технологічних процесів необхідна для одержання відповідей на наступні питання:

- наявність і ступінь близькості вітчизняного або закордонного аналога;
- конкурентоспроможність на внутрішньому й зовнішньому ринку;
- можливість експорту й (або) скорочення імпорту продукції в результаті реалізації технологічного процесу;
- ступінь готовності технології для реалізації (у тому числі необхідність проведення науково-дослідних робіт, створення технологічного устаткування);
- створення нових матеріалів, технології їх одержання й обробки;
- створення контрольно-вимірювального й іспитового устаткування;
- створення систем інформаційного забезпечення;
- необхідність придбання імпортного устаткування й комплектуючих виробів, необхідність підготовки кадрів та ін.;
- питома вага витрат на науково-дослідні роботи у загальних витратах на розробку й реалізацію технології;
- соціальна значимість реалізації технології тощо.

Методологія оцінки відповідності виробництва вимогам забезпечення заданих техніко-економічних параметрів продукції що випускається, повинна вирішувати наступні завдання:

- оцінка відповідності існуючої організаційної структури виробництва вимогам випуску заданої продукції;
- оцінка відповідності існуючої конструкторської й технічної документації вимогам національних і міжнародних стандартів;
- оцінка інжинірингового забезпечення випуску заданої продукції;

- кції;
- оцінка метрологічного забезпечення виробництва продукції;
- оцінка стабільності існуючих технологічних процесів;
- оцінка системи технічного обслуговування, планового й позапланового ремонту основного встаткування;
- оцінка кадрового забезпечення виробництва планованої до випуску продукції.

Методологія оцінки системи якості виходить із необхідності перевірки її складових на наступних етапах:

- маркетинг, пошук і вивчення ринку;
- розробка конструкції й технологічних процесів;
- матеріально-технічне постачання;
- технологічна підготовка виробництва;
- виробництво;
- контроль і випробування продукції;
- упакування й зберігання;
- реалізація й розподіл продукції;
- експлуатація продукції в споживача;
- утилізація після використання.

При оцінці ефективності функціонування системи якості перевіряється виконання наступних вимог міжнародних стандартів ISO 9000:

- системи реєстрації дефектів;
- ідентифікації й відслідкованості кожної одиниці продукції;
- системи причинно-наслідкового аналізу дефектів на основі сучасних методів статистичного керування якістю;
- обліку витрат на забезпечення якості продукції;
- системи керування якістю продукції на основі розробки й реалізації комплексу конструкторсько-технологічних і організаційно-технічних заходів щодо забезпечення якості.

Зазначені завдання технічної експертизи й технічного аудиту підприємств повинні бути покладені на систему сертифікації, що діє у відповідній галузі промисловості.

Сертифікація і менеджмент.

Усі види діяльності, що зустрічаються в роботі організації, ми повинні розглядати як технологічний процес. У роботі організації ці процеси взаємодіють складним образом, утворюючи систему або ме-

режу процесів. Уперше запропонував розглядати організацію як систему процесів К. Ісікава на початку 80-х років XX ст.. Міжнародні стандарти ISO 9000 законодавчо закріпили такий підхід. Вони ґрунтуються на розумінні того, що всяка робота виконується як процес.

Кожний процес, перетворюючи деякий об'єкт праці, має вхід і вихід. Вихід – це продукція, матеріальна й нематеріальна, яка є результатом процесу. Виходом процесу може бути, наприклад, документ, програмний продукт, хімічна речовина, банківська послуга, медичне устаткування або проміжна продукція (напівфабрикат) будь-якої загальної категорії.

В ISO 9000 виділяються чотири загальні категорії продукції:

- устаткування (технічні засоби);
- інтелектуальна продукція (засоби), під якою розуміється результат інтелектуальної діяльності, що містить інформацію, виражену через засоби підтримки; інтелектуальна продукція може бути як у формі програм, так і у формі концепцій, протоколів або методик;
- матеріали що переробляються, під якими розуміється матеріальна продукція, одержувана шляхом переробки сировини в заданий стан; матеріали, що переробляються можуть являти собою рідину, газ, специфічні матеріали, злитки, прутки або аркуші; матеріали що переробляються поставляються звичайно в барабанах, мішках, цистернах, балонах, каністрах, по трубопроводам тощо;
- послуги.

Входом процесу може бути матеріальна або нематеріальна продукція або природна сировина. Процес, перетворюючи об'єкт праці, збільшує його вартість, використовуючи певним чином ресурси, у тому числі трудові. На вході й виході процесу, а також у різних фазах процесу можуть проводитися виміри.

Загальне керівництво якістю досягається через керування процесами в організації. ***Керування процесом включає:***

- визначення цілей і бажаних результатів процесу;
- визначення необхідних ресурсів, у тому числі трудових, для виконання процесу;
- визначення методів і засобів виконання процесу;
- керування використанням ресурсів, які виділені для здійс-

- нення даного процесу, включаючи мотивацію персоналу;
- спостереження за ходом процесу, аналіз результатів його виконання й корекцію ходу процесу.

Керування процесами може будуватися по двом напрямкам:

- через структуру й роботу самого процесу, усередині якого є потоки продукції й інформації;
- через якість продукції й інформації, що протікають усередині структури.

Кожна організація при виконанні роботи збільшує вартість продукції. Робота виконується за допомогою мережі процесів. Структура цієї мережі є складною, оскільки більшість процесів взаємодіє між собою. Будь-яка організація багатофункціональна.

До основних функцій організації відносяться:

- виробництво продукції;
- проектування продукції;
- керування технологією здійснення процесів;
- маркетинг;
- підготовка кадрів;
- керівництво трудовими ресурсами;
- стратегічне планування;
- стратегічне й оперативне керування;
- поставка продукції;
- оформлення рахунків та інших фінансових документів;
- технічне обслуговування й ремонт;
- інші функції.

Організація створює, забезпечує й поліпшує якість продукції за допомогою мережі процесів, які повинні зазнавати аналізу й постійного поліпшення. Для забезпечення правильного керування організації взаємодії між процесами, в мережі в кожного з них повинен бути "власник" – особа, що несе відповідальність за даний процес.

Цей "власник" повинен забезпечувати однозначне розуміння всіма учасниками процесу їх відповідальності й повноважень, повинен організовувати взаємодію при вирішенні проблем, що охоплюють кілька функціональних підрозділів підприємства.

Окремий постачальник часто втягується в наступні ситуації: закупівлі й продаж продукції можуть здійснюватися як у рамках контрактної ситуації (коли вимоги до забезпечення якості продукції, що поставляється, і, у тому числі, до елементів або всій системи якості

прямо застережені в контракті) і можуть змінюватися від контракту до контракту, так і поза контрактною ситуацією, коли, наприклад, здатність постачальника до забезпечення якості засвідчена незалежним органом по сертифікації.

Важливим моментом у доказі постачальником здатності робити якісну продукцію є документація системи якості:

- довгострокові, середньострокові й короткострокові плани по виконанню політики якості;
- керівництво (довідник) по якості, що містить методологічні й робочі інструкції;
- методологічні інструкції системи якості, що дають докладний опис елементів системи якості;
- робочі інструкції, що містять докладні технології забезпечення якості на робочих місцях;
- типові специфікації, специфікації постачальників, які передаються виконавцеві замовлення.

Питання для самоперевірки

1. Що таке сертифікація?
2. Для чого потрібна сертифікація?
3. Що забезпечує сертифікація продукції?
4. Що таке декларація про відповідність?
5. Для чого потрібна обов'язкова сертифікація?
6. Коли проводиться добровільна сертифікація?
7. Що підтверджує сертифікат відповідності?
8. Для чого потрібен знак відповідності?
9. Хто має право на застосування знака відповідності?
10. Які функції іспитової лабораторії?
11. Для чого проводиться аналіз стану виробництва?
12. Що таке акредитація?
13. Які існують системи сертифікації?
14. Назвіть статистичні методи використовувані при сертифікації.
15. В чому полягають особливості сертифікації складних технічних систем?
16. Який зв'язок між сертифікацією та менеджментом на підприємстві?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛИТЕРАТУРА

Основна

1. Теоретические основы испытаний и экспериментальная обработка сложных технических систем / Л. Н. Александровская и др. М. : логос, 2003. 736 с.
2. Сладкова Л. А. Исследования и испытания наземных транспортно-технологических машин : учебное пособие. М. : МГУПС (МИИТ), 2016. 275 с.
3. Хубка В. Теория технических систем. М. Мир, 1987. 208 с.
4. Александровская Л. Н., Аронов И. З., Круглов В. И., Шолом А. М. Сертификация сложных технических систем. М. : Логос, 2001. 342 с.

Додаткова

5. Журавлев М. П. Исследование и испытание технологических систем : учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. 84 с.
6. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем) : учебник. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2004. 186 с.
7. Шишмарев В. Ю. Надежность технических систем : учебник для студ. высш. учеб. заведений. М. : Академия, 2010. 304 с.
8. Бережная К. В., Бережной В. И. Математические методы моделирования экономических систем : учебное пособие. М. : Финансы и статистика, 2006. 432 с.
9. Рекомендации по организации ремонта строительных машин агрегатным методом. М. : Стройиздат, 1987. 104 с.
10. Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М. : Наука, 1983. 416 с.
11. Кунце Х. И. Методы физических измерений. М. : Мир, 1989. 216 с.
12. Безверхий С. Ф., Яценко Н. Н. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей. М. : ИПК Издательство стандартов, 1996. 600 с.
13. Балабин И. В., Куров Б. А., Лаптев С. А. Испытания автомобилей. М. : Машиностроение, 1988. 192 с.

14. Гиг Дж. Ван Прикладная общая теория систем М. : Мир, 1981. 336 с.
15. Браверманн Э. М., Мучник И. Б. Структурные методы обработки эмпирических данных. М. : Наука, 1983. 156 с.
16. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М. : Высшая школа, 1999. 275 с.
17. Елисеева И. И., Юзбашев М. М. Общая теория статистики. М. : Финансы и статистика, 1998. 220 с.
18. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. С-Пб. : Политехника, 2000. 320 с.
19. Орлов П. И. Основы конструирования машин. Справочник. В 2-х т. Т.1, Т.2. М. : Машиностроение, 1987.
20. Джонсон Р., Каст Ф., Розенцвейг Д. Системы и руководство. М. : Советское радио, 1971. 648 с.
21. Калашников В. В. Сложные системы и методы их анализа. М. : Знание, 1980. 64 с.
22. Малышев В. В., Карп К. А., Кочетков В. И. Надежность сложных технических систем. М. : Логос, 1999. 88 с.
23. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М. : Мир, 1978. 305 с.
24. Михайлов Ф. А. Теория и методы исследования нестационарных линейных систем. М. : Наука, 1986. 320 с.
25. Негойце К. Применение теории систем к проблемам управления. М. : Мир, 1981. 183 с.
26. Райкин А. Л. Элементы теории надежности для проектирования технических систем. М. : Советское радио, 1967. 265 с.
27. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ: Учеб. пособие. К. : МАУП, 2003. 368 с.
28. Могилевский В. Д. Методология систем: вербальный подход. М. : Экономика, 1999. 251 с.
29. Специальные методы идентификации, проектирования и живучесть систем управления : учебное пособие / Н. И. Подлесный и др. К. : Выща школа, 1990. 446 с.
30. Цофнас А. Ю. Теория систем и теория познания. Одесса : Астропринт, 1999. 288 с.
31. Растрингин Л. А. Адаптация сложных систем. Рига : Зинатне, 1981. 375 с.
32. Гайдес М. А. Общая теория систем. (Системы и системный ана-

- лиз). М. : Глобус-Пресс, 2005. 202 с.
33. Мирзоев Р. Г., Харченко А. Ф. Основные процедуры системных исследований : учебное пособие. СПб. : СПбГУАП, 2000. 180 с.
 34. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М. : МПСИ, 2005. 584 с.
 35. Конспект лекций по дисциплине "Математические основы теории систем" для студентов специальности 7 091 401 / сост. С. А. Бобриков. Одесса : ОНПУ, 2001. 101 с.